

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RENATA SHIRLEY DE ANDRADE VALDIVINO

**UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO EM
PROJETOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA**

FORTALEZA – CE

2011

RENATA SHIRLEY DE ANDRADE VALDIVINO

**UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO EM
PROJETOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil com Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Marco Aurélio Holanda de Castro, PhD.

FORTALEZA

2011

RENATA SHIRLEY DE ANDRADE VALDIVINO

**UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO EM
PROJETOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil com Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovado em ____/____/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marco Aurélio Holanda de Castro, PhD. (Orientador)

Prof^a. Dr^a. Marisete Dantas de Aquino – (Membro Interno)

Prof. Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz (UECE) – (Membro Externo)

*Ao meu esposo, Alessandro, pelo
amor, carinho e apoio em todos os
momentos, principalmente, em
minhas conquistas.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as oportunidades cedidas que possibilitaram minha chegada até aqui.

Aos meus pais, Francisco Pacífico Valdivino e Maria Odete de A. Valdivino pelo amor, educação, incentivo, compreensão e dedicação que tiveram comigo.

Ao meu esposo, Alessandro de Araújo Bezerra, pelo amor, paciência e companheirismo em todos esses anos.

Ao meu orientador, professor Marco Aurélio Holanda de Castro, por ter fornecido ferramentas importantes para minha formação durante toda a graduação e agora, novamente, durante o mestrado.

Aos professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Em especial a professora Marisete Dantas de Aquino.

Aos amigos que fiz durante minha estada no Laboratório de Hidráulica Computacional.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

“Estudar exige disciplina. Estudar não é fácil, porque estudar pressupõe criar, recriar, e não apenas repetir o que os outros dizem...”

(Paulo Freire)

RESUMO

Redes de abastecimento de água são ferramentas importantes para garantir a saúde e o bem-estar social, entretanto, elaborar projetos para desenvolver essas estruturas implica em atividades com etapas muito onerosas e repetitivas. Assim, com o objetivo de reduzir o tempo gasto, garantindo a qualidade e eficiência do projeto final, os programas computacionais vêm ganhando espaço e importância em projetos de engenharia. O programa UFC3 é um aplicativo desenvolvido nas linguagens AutoLISP, VBA (Visual Basic of Applications) e VB (Visual Basic), o qual possui recursos gráficos para auxiliar no desenvolvimento de projetos dentro do ambiente AutoCAD. Este trabalho foi desenvolvido para auxiliar no traçado de redes de abastecimento, possibilitando a inserção de conexões, bem como, as informações características de cada nó (pressão, cota e carga hidráulica), calcular os quantitativos de rede, para gerar uma planilha apresentando os resultados para trechos e nós a partir da simulação realizada por meio do software EPANET. Além disso, o programa constrói o desenho do perfil longitudinal de adutoras, incluindo as linhas piezométricas e de carga máxima e mínima. O programa UFC3 permite que sejam inseridos os seguintes acessórios: cruzeta, te, curva (22.5°, 45°, 90°), luva, junção, redução, adaptador, cap, cruzeta de redução, te de redução e registro. De modo geral, elas são inseridas automaticamente pelo programa, exceto pelo cap. As planilhas de resultados e de quantitativos gerada pelo programa podem ser exportadas para o excel, facilitando a obtenção do memorial e orçamento da rede.

Palavras-chave: Projeto, Conexão, Resultados do Epanet e Quantitativos.

ABSTRACT

Water supply networks are important tools to ensure health and welfare. However, the process of designing these structures involves activities with very time consuming and repetitive steps. In order to reduce the time spent, ensuring quality and efficiency of the final project, the computer programs have acquired importance in space and engineering projects. UFC3 program is computer code developed in languages AutoLISP, VBA (Visual Basic of Applications) and VB (Visual Basic), which has graphics capabilities to assist in developing projects within the AutoCAD environment. UFC3 was developed to help the process of drawing water distribution networks, enabling the automatic introduction of connections as well as the characteristic information of each node (pressure, elevation and hydraulic head), calculate the quantitative network, to generate a spreadsheet showing the results for parts. In addition, the program draws the longitudinal profile of water mains, including piezometric lines and maximum and minimum energy grade lines. In general, the connections are inserted automatically by the program, except for the cap. The sheets and quantitative results generated by the program can be exported to Excel, facilitating the acquisition of the design history and network budget.

Keywords: Projects, Connection, Results EPANET and Quantitative.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Distribuição Percentual de Água e da População.	22
Figura 2. 2 - Distribuição Percentual dos Recursos Hídricos, Superfície e da População.	27
Figura 2. 3 - Esgoto doméstico e industrial lançados em rio sem tratamento.	30
Figura 2. 4 – Esquema básico ilustrando as unidades de um sistema de abastecimento.	35
Figura 2. 5 – Esquema ilustrando um sistema com uma adutora principal e seus ramais.	36
Figura 2. 6 – Esquema ilustrando um sistema com rede ramificada.	45
Figura 2. 7 – Esquema de uma Rede Malhada com quatro anéis.	46
Figura 2. 8 – Esquema de uma Rede Mista.	47
Figura 3. 1 - Quadro de símbolos representativos para conexões.	59
Figura 3. 2– Representação de conexão: Cruzeta.	60
Figura 3. 3 – Representação modelo de uma cruzeta no programa UFC3.	60
Figura 3. 4 – Representação de conexão: TE.	61
Figura 3. 5 – Representação modelo de um Te no programa UFC3.	61
Figura 3. 6 – Representação de conexão: Curva de 22.5°	61
Figura 3. 7 – Representação modelo de uma curva de 22.5° no programa UFC3.	61
Figura 3. 8 – Representação de conexão: Curva de 45°	62
Figura 3. 9 – Representação modelo de uma curva de 45° no programa UFC3.	62
Figura 3. 10 – Representação de conexão: Curva de 90°	62
Figura 3. 11 – Representação modelo de uma curva de 90° no programa UFC3.	62
Figura 3. 12 – Representação de conexão: Luva.	63
Figura 3. 13 – Representação modelo de uma luva no programa UFC3.	63

Figura 3. 14 – Representação de conexão: Redução.	63
Figura 3. 15 – Representação modelo de uma redução no programa UFC3.	63
Figura 3. 16 – Representação de conexão: Adaptador.	64
Figura 3. 17 – Representação modelo de um adaptador no programa UFC3.	64
Figura 3. 18 – Representação de conexão: Cap.	64
Figura 3. 19 – Representação modelo de um cap no programa UFC3.	64
Figura 3. 20 – Representação de conexão: Junção.	65
Figura 3. 21 – Representação modelo de uma junção no programa UFC3.	65
Figura 3. 22 – Representação de conexão: Cruzeta de Redução.	65
Figura 3. 23 – Representação modelo de uma cruzeta de redução no programa UFC3.	65
Figura 4. 1 – Elemento iniciar seção.	77
Figura 4. 2 – Elemento iniciar seção, destacado em vermelho, no ambiente CAD. ...	78
Figura 4. 3 – Palheta de ferramentas do programa UFC3.	78
Figura 4. 4 – Quadro de funções dos elementos do programa.	79
Figura 4. 5 – Default geral do programa.	81
Figura 4. 6 – Opções de valores gerais para modificações no default.	82
Figura 4. 7 – Default de quantitativos.	83
Figura 4. 8 – Cruzeta com trava interna.	84
Figura 4. 9 – Cruzeta de redução.	84
Figura 4. 10 – Conexão Te flangeado.	85
Figura 4. 11 – Conexão Te de redução.	85
Figura 4. 12 – Curva de 90° inserida pelo programa.	86
Figura 4. 13 – Te e Curva de 22,5° inseridas pelo programa.	86
Figura 4. 14 – Conexão luva com junta elástica.	87

Figura 4. 15 – Exemplo de um cap inserido num trecho de ponta seca.....	87
Figura 4. 16 – Redução 75 x 50 mm.	88
Figura 4. 17 – Adaptador PVC x FoFo.	88
Figura 4. 18 – Exemplo de uma junção na rede.....	89
Figura 4. 19 – Exemplo de uma junção com cap na rede.	89
Figura 4. 20 – Exemplo de uma rede utilizando as conexões do UFC3.....	90
Figura 4. 21 – Exemplo com destaque para conexões inseridas pelo UFC3.	90
Figura 4. 22 – Exemplo de registro inserido pelo programa.....	91
Figura 4. 23 – Exemplo de numeração nos nós e trechos da tubulação.....	92
Figura 4. 24 – Exemplo de numeração em trecho de tubulação.	92
Figura 4. 25 – Exemplo das pressões inseridas nos nós da rede.	93
Figura 4. 26 – Elementos constantes na função pressão.....	93
Figura 4. 27 – Listagem gerada pelo programa.....	94
Figura 4. 28 – Quadro de legenda.....	94
Figura 4. 29 – Planilha de quantitativos gerada pelo programa.	95
Figura 4. 30 – Default para índice de perdas.	96
Figura 4. 31 – Default para cálculo dos itens de transportes e segurança.....	96
Figura 4. 32 – Planilha no Excel com os dados exportados pelo programa.....	97
Figura 4. 33 – Planilha de resultados gerada pelo programa UFC3.....	99
Figura 4. 34 – Perfil do terreno e da adutora gerado pelo programa UFC3.	100
Figura 4. 35 – Perfil do completo (Terreno, Adutora e Linhas de Cargas) gerado pelo programa UFC3.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de Água para Uso Doméstico	23
Tabela 2 – Necessidades de uso da água	26
Tabela 3 – Diminuição da taxa de mortalidade por diarreia, devido a melhorias no abastecimento e no esgotamento sanitário.....	30
Tabela 4 – População sem acesso a água potável por regiões no mundo em 2002	31
Tabela 5 – População sem melhorias sanitárias por regiões no mundo em 2002	32
Tabela 6 – População sem acesso a saneamento no Brasil em 2008	32

LISTA DE ABREVIATURAS

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

EPA – Environmental Protection Agency

EPANET – Programa destinado a Modelagens Hidráulicas e de Qualidade de Água

ETA – Estação de Tratamento d'Água

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAHC – Laboratório de Hidráulica Computacional

M – Unidade de Comprimento do Sistema Internacional: Metros

MM - Unidade de Comprimento do Sistema Internacional: Milímetro

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PVC – Policloreto de Vinila

S – Unidade de Tempo do Sistema Internacional: Segundos

SEINFRA – Secretaria de Infra-Estrutura do Estado do Ceará

UECE – Universidade Estadual do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

VBA – Visual Basic for Applications

VB – Visual Basic

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIII
INTRODUÇÃO	16
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 - ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DA VIDA.....	18
2.2 – ÁGUA: CONTEXTO HISTÓRICO	19
2.3 – ÁGUA: DISTRIBUIÇÃO	21
2.4 – ÁGUA: CONSUMO E USOS	24
2.5 – SANEAMENTO AMBIENTAL	28
2.6 – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	34
2.7 - ADUTORAS	36
2.8 - CONCEITOS E EQUAÇÕES HIDRÁULICAS	38
2.8.1 - <i>Vazões de Projeto</i>	38
2.8.2 – <i>Equação de Energia, Linha Piezométrica e Linha de Energia</i>	39
2.8.3 – <i>Linha Piezométrica e o Traçado da Adutora</i>	40
2.8.4 – <i>Cálculo das Perdas de Carga</i>	41
2.8.5 – <i>Perdas de Carga Localizadas</i>	42
2.9 – REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	44
2.9.1 – <i>Rede Ramificada</i>	45
2.9.2 – <i>Rede Malhada</i>	46
2.9.3 – <i>Rede Mista</i>	47
2.9.4 – <i>Métodos para Dimensionamento de Redes</i>	48
2.9.5 – <i>O Programa EPANET</i>	50
2.10 – TUBULAÇÕES E ACESSÓRIOS.....	52
2.10.1 – <i>Tipos de Materiais de Tubos e Acessórios</i>	54
2.11 – PROGRAMAÇÃO APLICADA A PROJETOS DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	56
3 - METODOLOGIA	57
3.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS E LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO.....	57
3.2 – AS CONEXÕES.....	59
3.3 – AS PLANILHAS DE RESULTADOS	70
3.4 – AS PLANILHAS DE QUANTITATIVOS	71
3.5 – PERFIL.....	75
4 - RESULTADOS.....	77
4.1 – APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA UFC3	77
4.2 – DEFAULTS DO PROGRAMA	80
4.3 – EDIT DO PROGRAMA	83
4.4 – FUNÇÃO CONEXÃO	84
4.4.1 – <i>Cruzetas</i>	84
4.4.2 – <i>Tes</i>	85
4.4.3 – <i>Curvas</i>	86
4.4.4 – <i>Luvas</i>	87

4.4.5 – <i>Cap</i>	87
4.4.6 – <i>Reduções</i>	88
4.4.6 – <i>Adaptadores</i>	88
4.4.7 – <i>Junções</i>	89
4.4.8 – <i>Rede com conexões UFC3</i>	90
4.5 – FUNÇÃO REGISTRO	91
4.6 – FUNÇÃO BORRACHA	91
4.7 – FUNÇÃO NUMERAR.....	92
4.8 – FUNÇÃO PRESSÕES.....	93
4.9 – FUNÇÃO LISTAR.....	94
4.10 – FUNÇÃO LEGENDA.....	94
4.11 – FUNÇÃO QUANTITATIVO.....	95
4.12 – FUNÇÃO RESULTADOS	98
4.13 – PERFIL.....	100
5 - CONCLUSÃO	102
6 - BIBLIOGRAFIA.....	103
APÊNDICE A – PERFIL DO TERRENO E DA ADUTORA GERADO PELO UFC3	109
APÊNDICE B – PERFIL COMPLETO GERADO (TERRENO, ADUTORA E LINHAS DE CARGAS) PELO UFC3	111

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem se intensificado a preocupação com as condições atuais do meio ambiente. E uma das maneiras de ajudar a recuperar nosso ambiente é melhorando as condições sanitárias da população. Infelizmente, ainda existem, inclusive no Brasil, populações que não tem acesso a condições mínimas de saneamento, como rede de distribuição de água, por exemplo.

Saneamento básico não é apenas uma questão de urbanização, mas de proporcionar qualidade de vida, melhorando as condições de saúde, uma vez que ajuda a prevenção de doenças, além de preservar o meio ambiente. Este trabalho trata sobre projetos para redes de distribuição de água. Para que uma rede de abastecimento de água atenda a demanda existente e funcione corretamente é necessário que o projeto dela tenha sido feito e executado corretamente. E, para isso, é preciso de estudo e muita atenção durante o seu desenvolvimento.

Atualmente, tem crescido o mercado de novas tecnologias em diversas áreas, na engenharia não é diferente. Uma vez que, a utilização de softwares para o desenvolvimento de projetos ajuda a melhorar a qualidade do resultado final, fornecendo dados mais confiáveis. Em projetos de engenharia é de fundamental importância que se tenha atenção durante o traçado, mas como esse tipo de atividade requer tempo e esforço do projetista, algumas vezes, o traçado do projeto pode vir a conter erros.

Pensando nisso, o laboratório de hidráulica computacional (LAHC) do departamento de engenharia hidráulica e ambiental desenvolveu o programa UFC2 uma ferramenta que desenha o traçado de uma rede de abastecimento de água – tubulação projetada e existente, adutoras, reservatórios e outros componentes – além de fazer a simulação hidráulica por meio do software EPANET (desenvolvido pela EPA - Environmental Protection Agency).

Com objetivo de tornar o traçado de rede mais completo, oferecendo dados em plantas e planilhas, contendo resultados importantes relacionados a rede e cálculo de quantitativos. Foi proposto o desenvolvimento de um novo módulo do sistema UFC, chamado de UFC3, para que fosse capaz de inserir as conexões nos encontros da rede automaticamente, gerar planilhas de resultados e quantitativos de todos os componentes da rede. Além de desenvolver com rapidez plantas de cálculo e perfil de adutoras. Essa ferramenta é o elemento principal que dará estrutura a este trabalho.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Água no Desenvolvimento da Vida

O surgimento dos primeiros espécimes vivos deste planeta deu-se através do meio aquoso. De maneira que, pode-se estabelecer uma estreita relação entre a água e a existência de vida neste planeta desde seus primórdios, uma vez que, todo ser vivo, seja animal ou vegetal, apresenta água em sua composição corporal, obviamente, em diferentes concentrações.

Tratando-se somente da espécie humana, as composições de água podem variar de 70% a 75%. Entretanto, essas quantidades sofrem variações de acordo com a idade do indivíduo. Por exemplo, crianças de 0 a 2 anos possuem de 75% a 80% de água em sua composição corporal, enquanto em um homem com mais de 60 anos sua quantidade cai para menos de 58%.

A água no interior corpóreo dos seres vivos possui uma relação importante para sua existência, pois esta funciona como um meio de transporte de nutrientes, a fim de regular funções vitais. A não ingestão desse líquido pode levar um indivíduo a sério risco de morte em 4 ou 5 dias.

2.2 – Água: Contexto Histórico

Dada a sua importância para a existência humana, a água sempre esteve ligada ao surgimento e desenvolvimento de civilizações. Foi assim com o rio Nilo no Egito, os rios Tigres e Eufrates na Mesopotâmia, o rio Ganges na Índia, etc.

Com o desenvolvimento das civilizações também surgiram as primeiras técnicas para controle e utilização da água.

Os povos egípcios, por exemplo, desenvolveram um eficiente sistema de irrigação composto por canais com vazão controlada por um mecanismo de bombeamento denominado Shaduf. Através desse equipamento, os egípcios aumentavam suas áreas de plantio, uma vez que a elevatória conduzia a água para áreas não atingidas pelas cheias do rio Nilo.

Além disso, eles também desenvolveram técnicas para controlar inundações, como a construção de calhas para direcionar o escoamento das águas pluviais e construção de diques. Os egípcios, ainda, desenvolveram técnicas para clarificação e filtração. O site do Serviço Geológico do Brasil, tendo como referência (Macêdo Barros, Águas & Águas, 2004), mostra que, no ano 2.500 a.C., os egípcios utilizavam o sulfato de alumínio para a clarificação da água de abastecimento e faziam filtração através do carvão, e uso de areia e cascalho para filtração da água.

Os povos que habitaram a região da Mesopotâmia também deram sua contribuição para implantação de obras hídricas. Segundo Teixeira (2009), os sumérios construíram sistemas de irrigação para canalizar a água dos rios Tigre e Eufrates, bem como dos seus afluentes, a fim de alimentar suas plantações. Era quilômetros de canais, o que fez expandir a agricultura naquela região. Assim como os egípcios, os sumérios também construíram obras para contenção de cheias, como os diques e barragens.

A civilização Babilônica, quando de seu domínio na Mesopotâmia, manteve e expandiu os canais de irrigação, entretanto criaram, também, obras para elevação de água, onde as elevatórias transportavam a água captada no rio Eufrates para as fontes dos jardins suspensos da Babilônia, Barsa (1972, apud HELLER, 2006, p. 36). Além disso, deve-se lembrar do sistema de esgotamento sanitário, dotado pela utilização de coletores de esgotos, utilizados pelos babilônicos na cidade de Nipur. Na Assíria foi construído o aqueduto de Jerwan que foi primeiro sistema público de abastecimento de água. Azevedo Netto et al (1998, apud HELLER, 2006, p. 35 e 36).

A partir daí, foram construídos vários aquedutos, principalmente, pela civilização Romana. Segundo Azevedo Netto et al (1998, apud HELLER, 2006, p. 36), em Roma até o século III d.C., já existiam vários reservatórios de água, além das famosas termas e dos banheiros públicos. Até hoje, tem-se criado novos equipamentos para implantar melhorias e desenvolver os sistemas de abastecimento público.

2.3 – Água: Distribuição

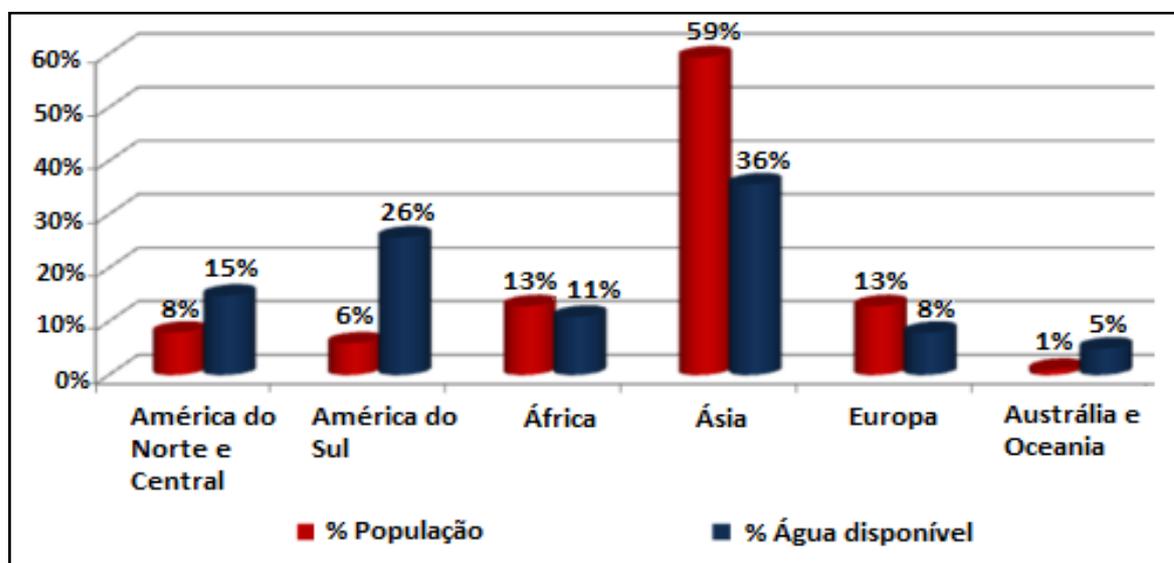
Conforme pode ser visto nos tópicos anteriores, a água é um recurso de grande importância para a manutenção da vida humana. O planeta Terra tem, aproximadamente, 75% de toda sua superfície coberta por água. Colocando em números, trata-se de quase 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos de água. Embora seja uma quantidade razoável, a forma de distribuição desse volume não é nada amigável. Desse total, segundo estatísticas, 97% estão presentes nos mares e oceanos – ou seja – é salgada. Dos 3% restantes correspondentes a água doce, 75% estão nas geleiras, em forma de gelo polar e icebergs, 24.4% correspondem aos lençóis subterrâneos, às vezes, em grandes profundidades inviabilizando a extração, 0.33% encontra-se nos rios e nos lagos, 0.06% está presente na umidade do solo e 0.035% na atmosfera.

Como a quantidade de água é a mesma desde os primórdios da existência da humanidade, as autoridades do mundo têm motivos para acreditar que num futuro próximo haja grandes conflitos armados pela posse desse bem tão precioso. Uma vez que, a própria história remete-nos as antigas disputas por territórios bem supridos de água. Entretanto, o cenário hoje é diferente de milhares de anos atrás, principalmente, em relação ao número da população mundial. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em outubro deste ano o planeta terá sete bilhões de habitantes e as projeções apontam para que esse valor supere os dez bilhões até 2100.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) divulgou, em seu site, dados de uma pesquisa da ONU, realizada em 1993, revelando que a partir de 1950 o consumo de água, em todo o mundo, triplicou. O consumo médio de água, por habitante, foi ampliado em cerca de 50%.

A figura 2.1 mostra a distribuição percentual da água e da população pelos continentes em relação ao total global.

Figura 2. 1 - Distribuição Percentual de Água e da População.



Fonte: modificado de ONU Water Report 2006, apud Bigma Consultoria.

Observando a figura acima, pode-se verificar que a água é distribuída de forma irregular. Tomando, por exemplo, a América Latina possui 26% das reservas de água disponível e sua população corresponde apenas 6% da população mundial. Já o continente asiático possui mais da metade da população mundial, entretanto, seu potencial hídrico não chega a 40%.

O consumo per capita de água, também, apresenta discrepâncias, quando comparado ao nível de desenvolvimento econômico. A tabela a seguir apresenta o consumo de água domiciliar de alguns países indicado pelo índice “*water footprint*” durante o período de 1997 a 2001.

Tabela 1 – Consumo de Água para Uso Doméstico

País	m3/cap/ano
África do Sul	57
Austrália	341
Bolívia	19
Brasil	70
Canadá	279
China	26
Estados Unidos	217
França	105
Índia	38
Itália	138
Japão	136
Quênia	15
Peru	57
Portugal	109

Fonte: Water footprints.

Fazendo a média dos valores gastos nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento dados na tabela, pode-se verificar que o valor consumido nas nações desenvolvidas é quase 5 vezes maior.

Segundo informações divulgadas pelas Nações Unidas, pessoas com baixa renda pagam mais pelo acesso à água. Por exemplo, um morador de uma favela em Nairóbi, no Quênia, paga de 5 a 7 vezes mais por litro, que a média de um cidadão dos Estados Unidos.

Segundo a ONU, até 2025, se os atuais padrões de consumo se mantiverem, duas em cada três pessoas no mundo vão sofrer escassez moderada ou grave de água.

2.4 – Água: Consumo e Usos

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (apud Manual de Educação para o Consumo Sustentável, 2005, p. 27), no mundo o consumo de água esta disposto da seguinte maneira:

- 8% para abastecimento humano;
- 22% para uso industrial;
- 70% para uso agrícola.

No Brasil tem-se a seguinte distribuição de água de acordo com a destinação do consumo (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETO, 2001, p.64):

- 21,3% para abastecimento humano e dessedentação animal;
- 13,9% para uso industrial;
- 64,7% para uso agrícola.

Para o uso doméstico a água é utilizada para beber, no cozimento de alimentos, para higiene pessoal, lavagem de roupas etc. Na indústria, utiliza-se água em processos de aquecimento, resfriamento ou mesmo como matéria-prima. Na agricultura é muito utilizada para irrigação de plantações, pastos.

De acordo com Heller (2006), também se pode classificar a água quanto ao tipo de usos em consuntivos e em não-consuntivos. São classificados em usos consuntivos, quando existe diferença entre a quantidade de água captada para uma determinada finalidade e a quantidade de água que retorna a natureza. São exemplos de usos consuntivos de água:

- Abastecimento público;
- Abastecimento industrial;
- Agropecuária;
- Irrigação.

São classificados como usos não-consuntivos, quando não existe diferença entre a água que é captada e a que retorna, ou seja, quando não há um consumo ou perdas de água durante a sua utilização. São exemplos de usos não-consuntivos de água:

- Navegação;
- Geração de energia elétrica;
- Pesca;
- Recreação;
- Assimilação de efluentes.

A tabela a seguir apresenta algumas necessidades de água numa comunidade, segundo Heller (2006):

Tabela 2 – Necessidades de uso da água

Agrupamento de consumo	Necessidades
Consumo Doméstico	<p>Ingestão</p> <p>Preparo de alimentos</p> <p>Higiene corporal</p> <p>Limpeza dos utensílios</p> <p>Lavagem de roupas</p> <p>Descarga de vasos sanitários</p> <p>Lavagem de veículos</p> <p>Insumo para atividades econômicas domiciliares (lavadeiras, preparo de alimentos...)</p> <p>Irrigação de jardins, hortas e pomares domiciliares</p> <p>Criação de animais de estimação e de animais para alimentação (aves, suínos, eqüinos, caprinos etc.)</p>
Agrupamento de consumo	Necessidades
<i>Uso comercial</i>	Suprimento a estabelecimentos diversos, com ênfase para aqueles com maior consumo de água, como lavanderias, bares, restaurantes, hotéis, postos de combustíveis, clubes e hospitais.
<i>Uso industrial</i>	Suprimento a estabelecimentos localizados no interior da área urbana, com ênfase para aqueles que incorporam a água no produto ou que necessitam de grande quantidade de água para limpeza, como indústrias de cervejas, refrigerantes ou sucos, laticínios, matadouros, frigoríficos, curtumes, indústria têxtil.
<i>Uso público</i>	Irrigação de jardins, canteiros, praças, lavagens de ruas, espaços públicos em geral, banheiros, lavanderias públicas, alimentação de fontes, limpeza de bocas de lobo, galerias de águas pluviais, coletores de esgotos, abastecimentos de edifícios públicos, incluindo hospitais, portos, aeroportos, terminais rodoviários, terminais ferroviários e combate a incêndio.

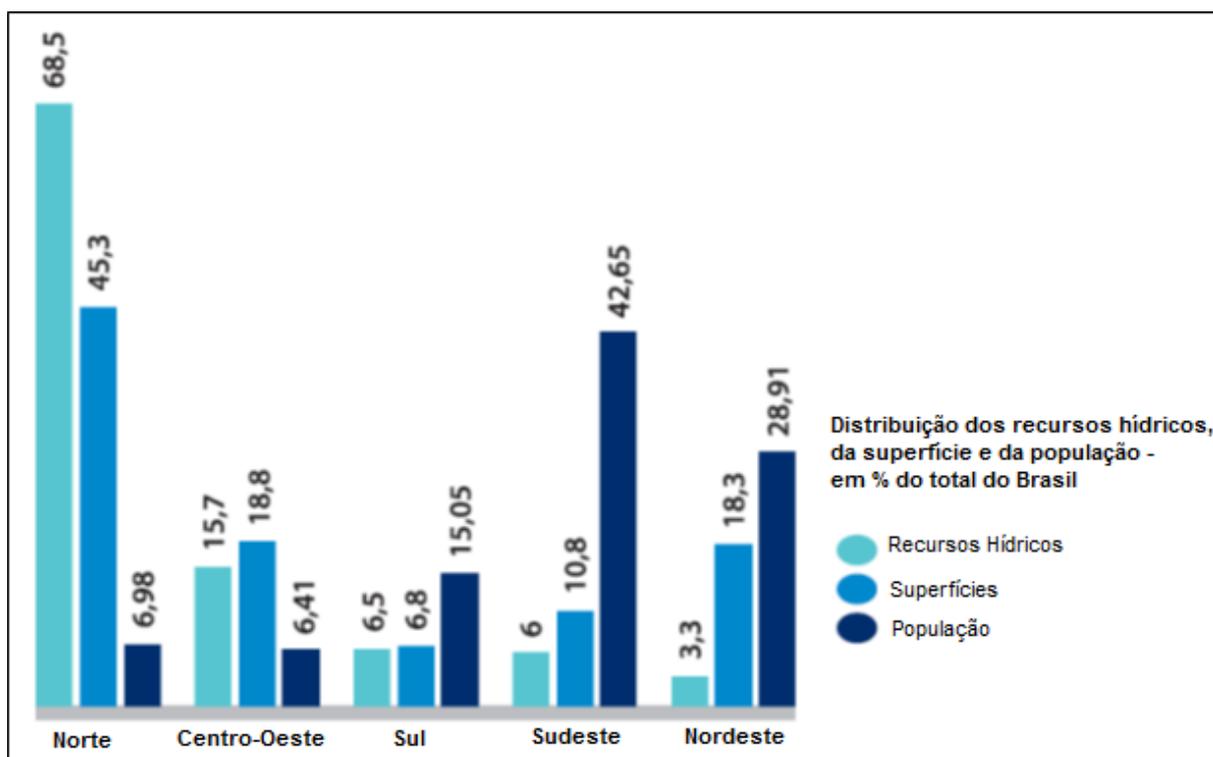
Fonte: modificado de Heller (2006).

A forma de utilização também pode contribuir para agravar o grau de poluição das reservas existentes de água potável. O uso de agrotóxicos nas lavouras, por exemplo, pode contaminar os lençóis subterrâneos. O uso de sabões e detergentes, nas atividades domésticas, contribui para a contaminação da água usada nos processos de limpeza. A disposição inadequada dos recursos hídricos utilizados nas indústrias, também, ajuda a degradar rios, lagos e nascentes.

Segundo site da CETESB, no Brasil mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais não tratados, são lançados nos corpos d'água.

O Brasil, apesar de ser privilegiado por possuir em entre suas fronteiras a maior reserva mundial de água doce, cerca de 12% do total, segundo a ONU, a população brasileira sofre com a má distribuição desse recurso (Veja figura 2.2). Isso acontece, porque a maior concentração de água está na região Norte, exatamente a região com menos habitantes. A região Nordeste, por exemplo, tem longos períodos de estiagem ao longo do ano, isso provoca a secagem de alguns rios e lagoas, ou seja, é a região que mais sofre com a falta de água e com doenças causadas pelo consumo de água com péssima qualidade.

Figura 2. 2 - Distribuição Percentual dos Recursos Hídricos, Superfície e da População.



Fonte: (Manual de Educação para o Consumo Sustentável, 2005, p.29).

2.5 – Saneamento Ambiental

O saneamento é de grande importância para a saúde e qualidade de vida de uma população. Segundo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), o saneamento reúne os diferentes modos de modificar as condições do meio ambiente, permitindo ao homem manter e melhorar a sua saúde, a fim de evitar doenças que podem trazer, além do desconforto, consequências mais graves, como a morte.

A COPASA relata ainda, que o saneamento deve ser entendido sob duas perspectivas:

A primeira, que o saneamento ambiental corresponde à implantação de sistemas de abastecimento e tratamento de água, coleta e tratamento de esgotos, coleta de lixo e controle de vetores de doenças. Dessa forma, o saneamento estabelece uma ligação direta com a saúde e o bem-estar da população, ou seja, é um dos principais agentes de promoção de qualidade e de proteção à vida.

A segunda, que o saneamento domiciliar corresponde ao cuidado com a higiene da casa e das pessoas que lá residem para promover o bem-estar delas. Assim, as famílias são os agentes responsáveis pelo saneamento domiciliar. (SITE COPASA, 2008).

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) define saneamento ambiental como:

Conjunto de ações sócio-econômicas que tem o propósito de alcançar níveis de salubridade ambiental, a partir do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, por meio da promoção de disciplina sanitária do uso do solo, drenagem das águas pluviais, controle de doenças sexualmente transmissíveis, demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e de promover melhores condições de vida urbana e rural. (MANUAL DE SANEAMENTO, 2007, p.14).

Observando tudo o que foi relatado acima, pode-se perceber que todas as definições para saneamento ambiental acabam convergindo para uma mesma conclusão, que o saneamento ambiental é de fundamental importância para melhorar as condições de saúde, promover o bem-estar, aumentando a qualidade de vida da população independente do local, seja na zona rural, seja na zona urbana.

A adoção de sistemas de abastecimento de água adequados tem como resultado a melhoria da saúde e das condições de vida de uma população, principalmente, devido ao fato de promover hábitos higiênicos e acesso a limpeza pública. E isso, aumenta o controle e a prevenção de doenças, particularmente, as doenças de veiculação hídrica.

Dessa maneira, a implantação de um sistema público de abastecimento de água aumentaria o índice de vida média da população que será beneficiada, devido à diminuição no surgimento de epidemias, diminuindo a mortalidade, principalmente a infantil, e aumentando a expectativa de vida.

Segundo relatório divulgado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), 2008, mais de 2,5 bilhões de pessoas sofrem, diariamente, com o problema da falta de saneamento e cerca de 1,2 bilhões de pessoas mantêm uma prática considerada de alto risco que é a fazer suas necessidades fisiológicas ao ar livre. Essa prática, além de colocar em risco a saúde das pessoas que a executam, também põem em risco de contaminação das reservas de água potável.

De acordo com informações divulgadas no site das Nações Unidas, 884 milhões de pessoas no mundo não dispõem de um acesso seguro a água potável para realizar tarefas simples como: beber, cozinhar ou tomar banho.

A utilização de água contaminada por restos de fezes pode causar doenças que provocam a diarreia, que é uma das principais causas de morte de crianças menores de 5 anos. Segundo dados das Nações Unidas, 1,6 milhões de pessoas morrem anualmente devido às doenças que tem relação com a água e com o saneamento e dentro dessa estimativa encontra-se, principalmente, o grupo de crianças citado acima.

A prática de defecar ao ar livre é realizada, principalmente, pela população que vive na zona rural, uma vez que, segundo o programa conjunto OMS/UNICEF, aproximadamente 746 milhões de pessoas que moram nessa área não tem acesso à água tratada de boa qualidade.

É evidente que, ao proporcionar acesso à água potável, já é possível notar uma melhora na qualidade de vida e saúde da população. Entretanto, é necessário que essa melhoria esteja acompanhada de programas educacionais para fazer os devidos esclarecimentos à população beneficiada, e, além disso, tão logo a implantação de um sistema para coleta e tratamento de dejetos. Uma vez que, é comum a contaminação de mananciais devido à falta de destinação adequada para o esgoto gerado, veja figura abaixo.

Figura 2. 3 - Esgoto doméstico e industrial lançados em rio sem tratamento.



Fonte: (Site EcoDebate).

Observando as informações acima, fica evidente a correlação entre o acesso a água de boa qualidade, bem como o recolhimento e tratamento de esgoto, à diminuição de doenças que tem a água como veículo de transmissão e, conseqüentemente, o aumento da qualidade de vida da população em geral.

Tabela 3 – Diminuição da taxa de mortalidade por diarreia, devido a melhorias no abastecimento e no esgotamento sanitário.

Intervenção	Redução Mediana (%)
Abastecimento de água e esgotamento sanitário	30
Esgotamento sanitário	36
Quantidade e qualidade da água	17

Fonte: modificado de Heller et al. (2006).

Por tudo o que foi exposto nos tópicos anteriores, pode-se concluir que melhorar o acesso da população a água de qualidade e melhores condições sanitárias são de grande importância para proporcionar saúde, qualidade de vida, além de promover o desenvolvimento urbano.

Embora, nos últimos anos, o número de pessoas que são atendidas por sistemas de abastecimento e sanitário tenha aumentado, ainda é grande o número de pessoas que não tem acesso a esses tipos de serviços, isso em escala mundial. As tabelas 4 e 5 apresentam em números os déficits desses serviços no mundo.

Tabela 4 – População sem acesso a água potável por regiões no mundo em 2002

Região	Milhões de Pessoas	Percentual do Total por Região
Ásia Oriental	303	28.2%
África Subsariana	288	26.8%
Ásia do Sul	234	21.7%
Sudeste Asiático	115	10.7%
América Latina e Caribe	60	5.6%
Ásia Ocidental	23	2.1%
Euroásia	20	1.9%
África do Norte	15	1.4%
Economias Desenvolvidas	15	1.4%
Oceania	3	0.3%
Total	1076	

Fonte: Adaptado de OMS/UNICEF apud UN Millennium Project. *Health, Dignity, and Development: What Will it Take?* Task Force on Water and Sanitation. (2005).

Tabela 5 – População sem melhorias sanitárias por regiões no mundo em 2002

Região	Milhões de Pessoas	Percentual do Total por Região
Ásia do Sul	938	35.8%
Ásia Oriental	749	28.6%
África Subsariana	437	16.7%
Sudeste Asiático	208	7.9%
América Latina e Caribe	137	5.2%
Euroásia	50	1.9%
África do Norte	40	1.5%
Ásia Ocidental	38	1.5%
Economias Desenvolvidas	20	0.8%
Oceania	3	0.1%
Total	2620	

Fonte: Adaptado de OMS/UNICEF apud UN Millennium Project. *Health, Dignity, and Development: What Will it Take?* Task Force on Water and Sanitation. (2005).

No Brasil a situação não é muito diferente. O censo demográfico (2000) do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – revelou que cerca de 43 milhões de pessoas vivem sem água tratada e que o país possui grandes disparidades entre a zona urbana e a zona rural. É na zona rural onde está situado o maior contingente de pessoas incluídas nessa estimativa.

A tabela a seguir apresenta dados relativos à população urbana e rural em relação ao acesso à água e ao esgotamento sanitário, de acordo com informações contidas no site do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que representam bem as disparidades entre essas duas zonas.

Tabela 6 – População sem acesso a saneamento no Brasil em 2008

População (%)	Sem Acesso à Água Encanada	Sem Acesso a Esgotamento Sanitário
Urbana	8.40%	19.50%
Rural	72.60%	76.90%

Fonte: Adaptado site PNUD.

De acordo com Heller et al. (2006), na zona rural, 47.6% da população dessa área sequer têm a sua disposição água canalizada na propriedade ou no interior do domicílio.

Ampliar o acesso ao saneamento é tão importante que consta como uma das metas contidas no sétimo objetivo do Projeto do Milênio, programa das Nações Unidas para o desenvolvimento com o objetivo de diminuir a pobreza, a fome e ação de doenças que afetam bilhões de pessoas em escala mundial.

O sétimo objetivo é garantir a sustentabilidade ambiental, o qual tem como uma de suas metas: Reduzir pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável a água potável segura e esgotamento sanitário.

2.6 – Sistema de Abastecimento de Água

Entende-se por sistema de abastecimento de água:

Instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão. (PORTARIA MS nº518/2004 apud HELLER, 2006, p. 72).

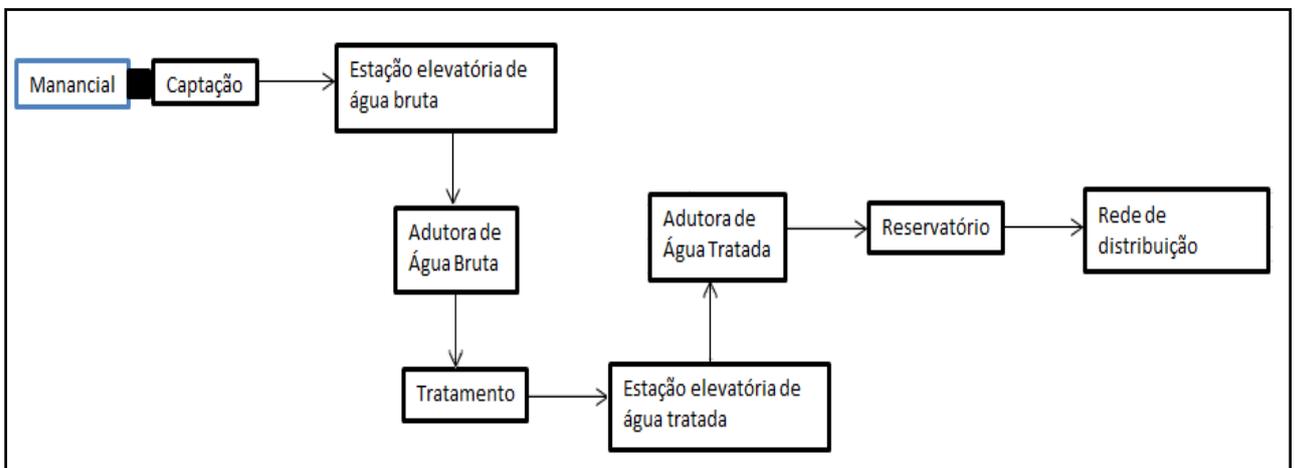
O objetivo principal de um sistema de abastecimento de água é proporcionar, aos usuários, acesso à água de boa qualidade em quantidade adequada para o uso em suas necessidades diárias.

Tsutiya (2006) define cada um dos elementos que compõem um sistema de abastecimento de água:

- **Manancial:** é a reserva, da qual será retirada a água que irá abastecer o sistema. Esta pode ser de origem superficial (um açude), ou de origem subterrânea (poço tubular). Deve possuir volume, vazão suficiente para atender a demanda no horizonte de projeto. Além disso, a qualidade da água deve estar adequada de acordo com os parâmetros sanitários estabelecidos.
- **Captação:** conjunto de equipamentos, cuja finalidade seja a extração de água destinada ao sistema de abastecimento.
- **Estação Elevatória:** conjunto de elementos destinados a recalcar água para a próxima unidade, vencendo desníveis encontrados no terreno. Em um sistema de abastecimento de água, é comum existir estações de recalque tanto para água bruta, como para água tratada. Além disso, existe a estação elevatória, tipo “booster”, cuja função é aumentar a pressão/vazão em adutoras ou redes de distribuição.

- **Adutora:** tubulação destinada a fazer o transporte de água entre as unidades do sistema que antecedem à rede de distribuição. Podendo ser dividida em duas classes adutoras: de água bruta e de água tratada, de acordo com o tipo de água que transportam. Já em função das suas características hidráulicas, elas podem ser classificadas em conduto livre e em conduto forçado.
- **Estação de tratamento de água:** conjunto de equipamentos, cuja finalidade é deixar a água a ser consumida dentro dos padrões de potabilidade para o consumo humano.
- **Reservatório:** é o elemento de distribuição de água destinado a compensar as variações entre as vazões de adução e de distribuição. Além de ser condicional para as pressões na rede de distribuição. Pode ser elevado, apoiado, enterrado ou semi-enterrado.
- **Rede de distribuição:** parte do sistema formada por tubulações e acessórios destinada distribuir água tratada para atendimento da área a ser abastecida.

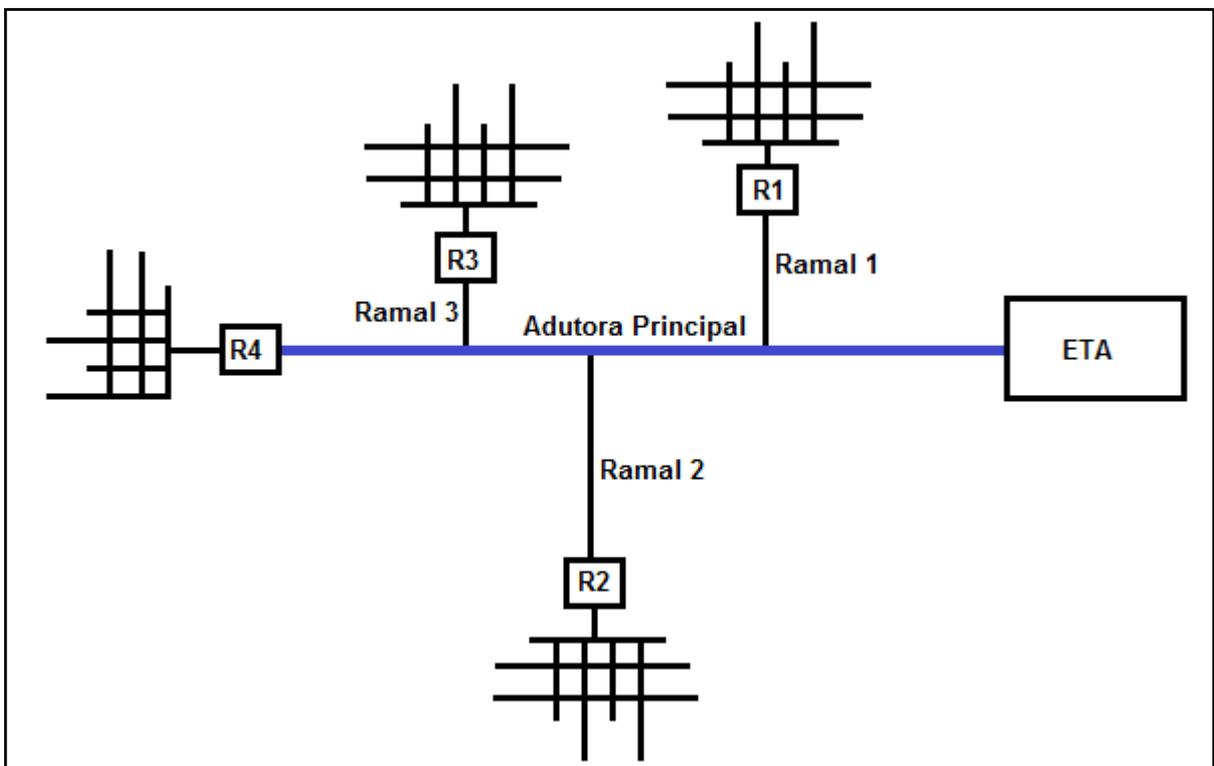
Figura 2. 4 – Esquema básico ilustrando as unidades de um sistema de abastecimento.



2.7 - Adutoras

As adutoras são as principais pontes de ligação entre as unidades do sistema de abastecimento que antecedem à rede de distribuição (captação, tratamento e reservatório). Entretanto, dependendo do tamanho do sistema, existem casos onde existe uma adutora tronco-principal e dela partem ramais, os quais se destinam a transportar água para outros locais do mesmo sistema. Ver figura abaixo.

Figura 2. 5 – Esquema ilustrando um sistema com uma adutora principal e seus ramais.



Segundo Tsutiya (2006), existem duas maneiras para classificar as adutoras: em relação ao tipo de água transportada e quanto à energia para movimentação da água.

A primeira forma de classificação divide a adutora em dois tipos:

- **Adutora de Água Bruta:** transporta água da captação ao tratamento, ou seja, água sem tratamento;
- **Adutora de Água Tratada:** transporta água a partir da estação de tratamento, ou seja, água tratada.

A segunda forma de classificação divide a adutora em três tipos:

- **Adutora por gravidade:** transporta água a partir de um ponto do terreno de nível mais elevado para outro de nível mais baixo;
- **Adutora por recalque:** ao contrário da anterior, transporta água a partir de um nível mais baixo para outro de nível mais alto com o auxílio de equipamento de recalque, ou seja, as estações elevatórias;
- **Adutora Mista:** onde existem trechos de adutoras por gravidade e de adutoras por recalque.

2.8 - Conceitos e Equações Hidráulicas

2.8.1 - Vazões de Projeto

As vazões de projeto são estabelecidas após um estudo sobre a área, a qual está destinada a receber um sistema de abastecimento. Nesse estudo é feita uma análise, a fim de determinar a população a ser atendida, o consumo médio de cada habitante, se existe uma demanda extra (indústrias, por exemplo) a ser considerada no projeto, etc.

As duas principais vazões de projeto consideradas são: a vazão de adução e a vazão de distribuição.

A vazão de adução é utilizada no dimensionamento das partes integrantes do sistema de abastecimento que antecedem a rede de distribuição. Já a vazão de distribuição é utilizada no dimensionamento da rede de distribuição. A seguir, seguem as equações destinadas ao cálculo das vazões de adução e de distribuição, segundo Tsutiya (2006).

Vazão de adução na tubulação que faz a ligação da captação à estação de tratamento de água (ETA), adutora de água bruta:

$$Q_{bruta} = \left(\frac{k_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_e \right) \cdot C_{ETA} \quad (2.8.1)$$

Onde:

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

P = população a ser atendida (hab);

q = consumo per capita (l/hab · dia);

Q_e = vazão de consumo específico ou demanda extra (l/s);

C_{ETA} = consumo na ETA.

Vazão de adução na tubulação que parte da ETA ao Reservatório de distribuição, adutora de água tratada:

$$Q_{tratada} = \frac{k_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_e \quad (2.8.2)$$

Vazão de distribuição:

$$Q_{distribuída} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_e \quad (2.8.3)$$

Onde:

$k_2 =$ coeficiente da hora de maior consumo.

2.8.2 – Equação de Energia, Linha Piezométrica e Linha de Energia

Considerando duas seções transversais 1 e 2 de um escoamento permanente e uniforme, têm-se a equação abaixo:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H_{12} \quad (2.8.4)$$

Segundo Porto (2006), cada termo dessa equação representa energia por unidade de peso. Onde:

$\frac{p}{\gamma} =$ carga ou energia de pressão, [L];

$z =$ carga ou energia de posição, [L];

$\frac{V^2}{2g} =$ carga ou energia cinética, [L];

$\Delta H =$ perda de carga ou perda de energia, [L].

Assim, conhecendo a trajetória do líquido, os pontos em relação a um plano horizontal formam elementos geométricos, que podem ser assim definidos como:

- $\frac{p}{\gamma} + z \rightarrow$ Linha piezométrica, onde o valor da soma do termo é denominado de cota ou carga piezométrica;
- $\frac{p}{\gamma} + z + \frac{V^2}{2g} \rightarrow$ Linha de energia ou de carga.

2.8.3 – Linha Piezométrica e o Traçado da Adutora

A linha piezométrica é utilizada como referencial para estabelecer o traçado de uma adutora. É por meio dela que são definidos o possível ou possíveis caminhamentos e é através da análise da sua posição em relação ao traçado da adutora, que são aplicadas soluções para evitar complicações devido às variações de pressão como o golpe de aríete, por exemplo.

De acordo com Tsutiya (2006), as adutoras em regime permanente devem ser projetadas, de maneira que, a sua linha piezométrica situe-se acima da geratriz superior do conduto em qualquer condição de operação. Dessa forma, evitam-se pressões muito altas, pois afetaria os custos de implantação, aumentando o orçamento. Além disso, deve-se evitar, principalmente, pressões negativas, pois as mesmas podem afetar a estrutura do conduto.

2.8.4 – Cálculo das Perdas de Carga

Nesse tópico, serão apresentadas as equações utilizadas para o cálculo das perdas de cargas distribuídas, somente em condutos forçados, onde as mais utilizadas são: a Fórmula Universal ou Darcy-Weisbach e a Equação de Hazen-Williams.

Antes das equações, é necessário definir o conceito de perda de carga unitária (J), a qual nada mais é que a perda de carga (ΔH) dividida pelo comprimento da tubulação (L), cuja unidade é em m/m, ou seja:

$$J = \frac{\Delta H}{L} \quad (2.8.5)$$

Fórmula Universal ou Darcy-Weisbach:

$$\Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.8.6)$$

Onde:

$\Delta H =$ perda de carga, [L];

$f =$ coeficiente de atrito;

$L =$ comprimento da tubulação [L];

$D =$ diâmetro da tubulação, [L];

$V =$ velocidade média, $\frac{[L]}{[T]}$;

$g =$ aceleração da gravidade, $\frac{[L]}{[T]^2}$.

Equação de Hazen-Williams:

$$J = 10,65 \cdot \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (2.8.7)$$

Onde:

J = perda de carga unitária, $\left(\frac{m}{m}\right)$;

Q = vazão, $\left(\frac{m^3}{s}\right)$;

C = coeficiente de rugosidade;

D = diâmetro da tubulação, (m).

2.8.5 – Perdas de Carga Localizadas

As perdas de carga são geradas devido à utilização de acessórios destinados a fazer a interligação entre uma tubulação e outra, essas ligações, às vezes, resultam numa modificação de direção do sentido, por exemplo, uma curva, e essa mudança gera uma perda, que, em alguns casos, deve ser levada em consideração no cálculo, além das perdas distribuídas.

Utilizam-se, em geral, dois métodos para cálculo das perdas de carga localizadas. O primeiro foi estabelecido por meio de experimentos, ele consiste em uma equação (2.8.8), que através dela pode-se calcular a perda de carga em uma determinada peça ou acessório.

$$\Delta h = K_L \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.8.8)$$

Onde:

Δh = perda de carga localizada, [L];

K_L = coeficiente adimensional;

V = velocidade média, $\frac{[L]}{[T]}$;

g = aceleração da gravidade, $\frac{[L]}{[T]^2}$.

Nessa metodologia, o elemento principal de cálculo é o coeficiente K_L , o qual é determinado experimentalmente. Segundo Porto (2006), o coeficiente K_L depende do número de Reynolds, da rugosidade, da forma geométrica da conexão e, em alguns casos, das condições do escoamento. Em resumo, normalmente, o K_L é tabelado e existem várias tabelas na literatura e em catálogos hidráulicos.

A segunda metodologia é através do método dos comprimentos equivalentes, na qual cada conexão ou acessório é substituído por um tubo de comprimento, diâmetro e vazão idênticos aos tubos que conectam. No fim, soma-se o comprimento equivalente de cada acessório ao comprimento real da tubulação e substituindo o valor obtido na equação Universal, tem-se o valor da perda de carga (com as perdas localizadas inclusive).

Conforme foi citado anteriormente, as perdas de cargas localizadas devem ser consideradas em alguns casos. De acordo com Porto (2006), em geral, para projetos de rede e de adutoras devido a grande extensão da tubulação é possível desprezar as perdas de cargas localizadas, uma vez que elas não representam mais que 5% das perdas distribuídas. Entretanto, em tubulações de tamanhos menores, como a tubulação de sucção de uma bomba ou um sistema hidrossanitário de edifícios, as perdas de cargas devem ser consideradas, principalmente, devido a grande quantidade de acessórios em passagens curtas da tubulação.

2.9 – Redes de Distribuição de Água

Prince define uma rede distribuição como:

A unidade do sistema de abastecimento de água constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos, e que tem por finalidade fornecer, em regime contínuo (24 horas por dia), água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas a múltiplos consumidores (residenciais, comerciais, industriais e de serviços) localizados em uma cidade, vila ou outro tipo de aglomeração urbana. (Heller et al., 2006, p. 603).

A rede de distribuição de água é a parte mais importante de um projeto global de um sistema de abastecimento. Isso ocorre, porque uma rede de distribuição de água é composta por partes bastante complexas. E, como é a parte do complexo de abastecimento que se encontra mais próxima dos usuários, merece toda atenção, principalmente, durante e depois do projeto, para garantir qualidade, vazão e controle de perdas de água.

Outro motivo para se desenvolver um projeto de uma rede de abastecimento com precisão e qualidade, é que essa parte do sistema corresponde a cerca de 50 a 75% do custo total de implantação de todo o sistema. Além disso, o projeto de uma rede desse tipo é muito dispendioso, ou seja, requer uma atenção redobrada do projetista, para que ao final do trabalho obtenha-se um projeto viável, eficiente e que atenda as necessidades dos usuários.

Uma rede de distribuição possui condutos que podem ser classificados em dois tipos: principal, comumente chamando de tronco, e secundários. Porto (2006) define os condutos principais como aqueles que possuem o maior diâmetro, cujo objetivo é abastecer os condutos secundários, estes, por sua vez, possuem menor diâmetro e alimentam diretamente todos os pontos de consumo do sistema. Dependendo da forma de sua disposição, segundo Tsutiya (2006), as redes de distribuição podem ser classificadas em:

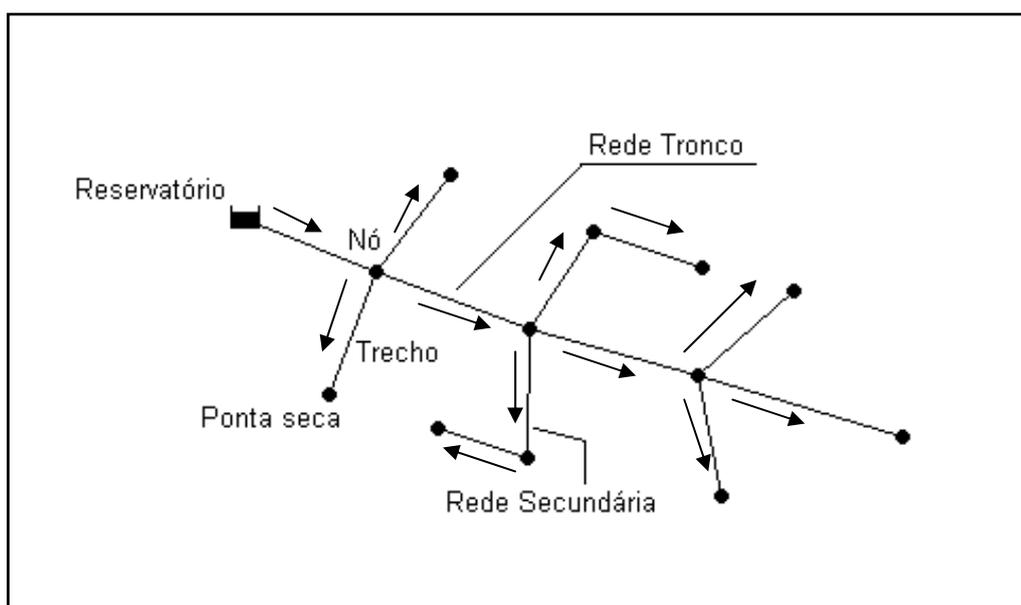
- Ramificada
- Malha
- Mista

2.9.1 – Rede Ramificada

Uma rede pode ser classificada como ramificada quando o seu sistema abastecimento está disposto do seguinte modo, ou de forma semelhante. Primeiramente, existe um elemento alimentador (reservatório ou estação elevatória) em um ponto da rede, é a partir dele que se inicia a distribuição na rede. O processo de distribuição segue uma direção predominante durante todo o percurso da rede, esse percurso é realizado por uma tubulação principal, e é a partir dela que a tubulação secundária parte, a fim de abastecer outros locais de consumo.

Nesse sistema, o sentido da vazão é conhecido em qualquer trecho da rede e o processo de dimensionamento é simples. Esse tipo de rede é mais indicado para pequenas comunidades, uma vez que, caso ocorra um problema em algum ponto da rede onde seja necessário interromper o fluxo, o abastecimento nos pontos a jusante da rede ficarão prejudicados, pois o fluxo, nesses pontos, estará comprometido. Em uma rede ramificada, os pontos de partida da tubulação secundária, de mudança de diâmetro são representados por “nós”, a tubulação situada entre dois nós são denominadas de trecho e o sentido do escoamento é feito a partir da tubulação principal até as extremidades que são chamadas de pontas secas ou extremidades mortas. Veja abaixo um exemplo de rede ramificada:

Figura 2. 6 – Esquema ilustrando um sistema com rede ramificada.

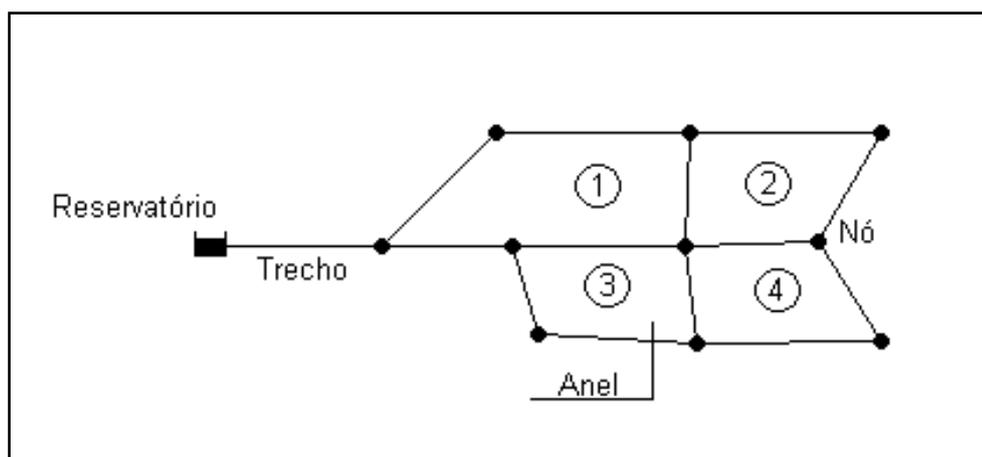


2.9.2 – Rede Malhada

As redes malhadas não possuem uma única tubulação tronco, ao invés disso, elas são formadas por anéis ou malhas de tubulação principal. Dessa maneira, permite-se que qualquer ponto da rede seja abastecido por mais de um caminho, uma vez que, o sentido das vazões pode ser alterado, em função das solicitações de demanda. Isso dá a esse sistema maior flexibilidade para atender as demandas de maneira satisfatória, além de facilitar o trabalho na manutenção de algum trecho sem muitos prejuízos no fornecimento de água.

Esse tipo de rede é comum nas cidades com grande densidade populacional e na direção da malha viária. Segundo Tsutiya (2006), uma rede malhada pode ser de dois tipos: malhada em anéis e malhada em blocos. Uma rede malhada em anéis, apesar de funcionar bem, ela tem um número de registros sensivelmente maior, quando comparada com uma rede malhada em blocos, e, por esta razão, dificulta a medição das vazões, ou seja, é mais onerosa. Já uma rede malhada em blocos por favorecer as medições das vazões, ela também facilita e melhorias no controle de perdas e de pressão.

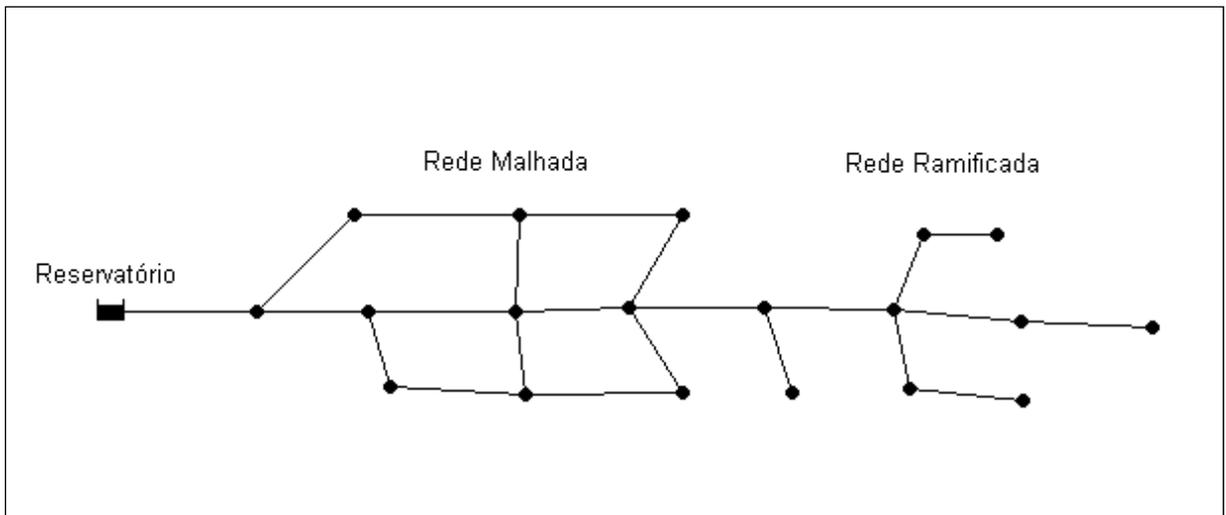
Figura 2. 7 – Esquema de uma Rede Malhada com quatro anéis.



2.9.3 – Rede Mista

Uma rede mista é o resultado da associação entre redes ramificadas e redes malhadas.

Figura 2. 8 – Esquema de uma Rede Mista.



2.9.4 – Métodos para Dimensionamento de Redes

Objetivo desse tópico é de mencionar os principais métodos utilizados no dimensionamento de redes.

Resumidamente, pode-se dizer que para dimensionar uma rede de distribuição, inicialmente, deve-se determinar a vazão distribuída pelo sistema, tal procedimento é mencionado no tópico 2.8. A partir daí, deve-se calcular as vazões e perdas de cargas nos trechos, além das cotas piezométricas e pressões nos nós. A topografia do local também é um fator determinante no processo do dimensionamento.

É claro que existem outros aspectos a serem considerados. No Brasil, existem normas com diretrizes a serem seguidas durante o dimensionamento. Entre os mais importantes estão as limitações relativas às pressões e velocidades máximas e mínimas.

Todo o processo para dimensionar consiste em encontrar a melhor solução, normalmente a mais econômica, para dar as dimensões dos elementos que compõem a rede. Onde o foco principal consiste em verificar se os materiais e, principalmente, os diâmetros a serem utilizados na tubulação da rede estão de acordo com a norma e se é uma solução econômica.

Exceto pelos programas destinados ao dimensionamento de redes, as metodologias de cálculo utilizadas para dimensionar são, basicamente, simuladores de várias situações propícias de serem utilizadas, pois a dimensão utilizada no diâmetro, em cada situação, é dada pelo projetista, o qual se baseia no cálculo do diâmetro mínimo. A seguir, estão os principais métodos, descritos na literatura, para dimensionamento de redes de distribuição.

Heller et al. (2006) menciona dois métodos clássicos de dimensionamento para tubulações de redes de distribuição, são eles:

- 1) Método de dimensionamento trecho-a-trecho, com ou sem seccionamento fictício;
- 2) Método de dimensionamento por áreas de influência.

O método de dimensionamento trecho-a-trecho sem seccionamento é destinado a redes ramificadas de pequeno porte, pois, numa rede superior, o método se tornaria demasiadamente trabalhoso. Nesse procedimento, o sentido da vazão é conhecido, isso facilita a construção de planilha de dados destinados ao dimensionamento, entre eles estão: comprimento dos trechos; vazão do trecho (de montante, de jusante, em marcha e fictícia); diâmetro do trecho; velocidade do trecho; cotas piezométricas e do terreno (de montante e de jusante) e pressão disponível (de montante e de jusante).

No método de dimensionamento trecho-a-trecho com seccionamento fictício é aplicado para dimensionar redes em malhas, também de pequeno porte. Nesse método, a rede é seccionada em determinados pontos. A finalidade do seccionamento é transformar a rede malhada em uma rede ramificada fictícia e dimensioná-la utilizando o método anterior.

Já o método de dimensionamento por áreas de influência é aplicado em redes superiores. Nesse processo, o dimensionamento é focado na rede principal e as redes secundárias são tratadas como pontos nodais de contribuição.

2.9.5 – O Programa EPANET

O Epanet é um software desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), que é uma agência norte-americana atuante há 40 anos. Tal ferramenta permite que sejam realizadas modelagens hidráulicas e de qualidade de água.

No aspecto hidráulico, o programa Epanet permite ao seu usuário a possibilidade de realizar diversas simulações, a fim de proporcionar a análise do comportamento hidráulico de uma rede de distribuição. Ele disponibiliza em seu ambiente de trabalho elementos presentes em uma rede como: tubulação, reservatórios (de nível fixo ou de nível variado), bombas e válvulas.

Além desses, existe outro elemento denominado “nó”. Esse elemento hidráulico tem função de guardar características topográficas (cotas e coordenadas), podem representar a junção de dois ou mais trechos, nessas situações é necessário introduzir uma conexão no nó. É nesses pontos que são calculados dados de consumo efetivo, carga hidráulica e pressão.

O modelo de simulação hidráulica utilizado pelo Epanet pode ser apresentado da seguinte maneira:

O módulo de simulação hidráulica do Epanet calcula a carga hidráulica nos nós e a vazão nos trechos, para um conjunto fixo de níveis nos reservatórios de nível fixos, alturas nos reservatórios de nível variável e consumos para uma sucessão de pontos, ao longo do tempo. Em cada intervalo de cálculo, os níveis de água nos reservatórios de nível fixo e os consumos nos nós são atualizados, de acordo com padrão temporal que lhes está associado, enquanto que altura de água no reservatório de nível variável é atualizada em função da vazão de saída. A solução para um valor de carga hidráulica e para a vazão num ponto particular da rede, em determinado instante, é obtida resolvendo, simultaneamente, a equação da continuidade (conservação da massa), para cada nó, e a equação da conservação da energia, para cada trecho da rede. Este procedimento, resignado por “Balanço Hidráulico” da rede, requer a utilização de técnicas iterativas para resolver as equações não lineares envolvidas. O Epanet emprega o “Método do Gradiente” para atingir este objetivo. (MANUAL DO EPANET 2.0 BRASIL, 2006, p.46).

Após traçada a rede, realiza-se a simulação. O Epanet apresenta os resultados obtidos nos trechos (vazão, velocidade, perda de carga, etc.) e nos nós (consumo efetivo, carga hidráulica total, pressão, etc.). Além disso, é possível gerar tabelas ou arquivos de textos contendo, além dos resultados da simulação, as características de cada elemento: os diâmetros, nó inicial e final, comprimento e número pertinentes a cada trecho; coordenadas e cota pertencentes a cada nó.

2.10 – Tubulações e Acessórios

Tubos e acessórios são os principais materiais que compõem as redes de distribuição e as adutoras. Entre os acessórios utilizados estão: curvas, tes, cruzetas, cap, junções, reduções, adaptadores, registros, entre outros. Esses dispositivos devem estar dimensionados para atender as especificações técnicas e econômicas da rede que farão parte. Eles deverão suportar todas as cargas que estarão atuantes no sistema como, por exemplo, as cargas de pressões internas estáticas e dinâmicas.

De acordo com Tsutiya (2006), existem outros critérios que também merecem atenção do projetista no momento de escolha do tipo de material que será utilizado na instalação da rede de distribuição. Eles são discutidos a seguir:

1) Durabilidade: é um fator que merece grande importância, uma vez que a rede é projetada para suprir as necessidades de uma população durante vários anos e, para que isso ocorra, é necessário que o material utilizado na tubulação seja resistente e não sofra muito com a deterioração por um longo tempo. Isso evita eventuais gastos destinados a substituições de trechos na rede.

2) Material da superfície interna: o material que compõe a superfície interna deve possuir condições que permita o bom fluxo durante o transporte de água, por isso, ele não deve reagir ou sofrer corrosão com a água para que não comprometa a qualidade dela. Além disso, o revestimento interno da tubulação afeta o fluxo da água, por esse motivo, é necessário que o revestimento resista ao longo do tempo para evitar grandes variações no coeficiente de rugosidade.

3) Material da superfície externa: também deve ser resistente a corrosão, mas caso o potencial de corrosão seja alto é necessário uma proteção para evitar a corrosão eletrolítica.

4) Instalação: é um fator que influencia na escolha do material. O peso das tubulações e acessórios é importante para prever a necessidade de equipamentos e máquinas para instalação, quanto mais pesada forem, maiores serão os gastos de instalação. Os tipos de juntas podem favorecer a instalação, em função da capacidade de deflexão e flexibilidade. Diâmetro é outro item a ser considerado, pois dependendo do tipo de material, não existirão diâmetros comerciais disponíveis. Por último, a facilidade em fazer interligações, uma vez que em redes de distribuição existe a necessidade de fazer interligações entre as tubulações, a fim de conduzir água de ponto a outro.

2.10.1 – Tipos de Materiais de Tubos e Acessórios

Segundo Tsutiya (2006), os principais tipos de materiais utilizados para confecção de tubos e acessórios usados em redes de abastecimento de água são os seguintes: tubos de ferro fundido cinzento, tubos de ferro fundido dúctil, tubos de PVC (policloreto de vinila), tubos de polietileno (PE), tubos de fibrocimento e aço.

Os tubos de ferro fundido cinzento já foram muito utilizados, mas eles não são mais fabricados hoje, uma vez que os tubos de ferro fundido dúctil se mostram muito mais vantajosos em relação à resistência a impactos e esforços. No entanto, é conveniente a lembrança desse tipo de material, já que existem, ainda hoje, tubulações com esse tipo de material.

Os tubos de ferro fundido dúctil apresentam maior resistência que os tubos de ferro fundido cinzento, mas está mais sujeito a corrosão, por isso são feitas aplicações no revestimento, a fim de evitar que ela ocorra. Os diâmetros para esse tipo de material variam de 80 mm a 1800 mm e as juntas podem ser tipo junta elástica (JE), junta com trava interna (JTI), junta com trava externa (JTE), junta flangeada e junta mecânica (JM).

Os tubos e peças de PVC são muito utilizados devido a sua elevada resistência química, resistência aos processos corrosivos e, principalmente, devido ao baixo custo de aquisição e implantação. Os tubos e conexões de PVC podem ser classificados em dois tipos de acordo com o processo de produção, são eles: PBA e DEFoFo.

Os tubos e conexões PVC PBA são fabricados na cor marrom, possuem diâmetros que variam de 50(milímetros) a 100(milímetros) e juntas elásticas (JE). Além de estarem distribuídas nas classes 12, 15 e 20. A classe 12 trabalha com pressão de serviço de 0,6 MPa, incluindo variações dinâmicas; a classe 15 de 0,75 MPa e a classe 20 com pressões de 1 MPa.

Os tubos e conexões PVC DEFoFo têm o diâmetro externo compatível com o diâmetro externo dos tubos de ferro fundido, por isso eles são intercambiáveis. Eles são fabricados na cor azul, possuem diâmetros que variam de 100 (milímetros) a 500 (milímetros), cujas juntas podem ser elásticas (JE) ou junta elástica integrada (JEI) para pressões de 1 MPa.

Os tubos e conexões de polietileno de alta densidade (PEAD) possuem uma alta resistência à corrosão e a agentes químicos. Os diâmetros comerciais estão entre 20 (milímetros) a 1600 (milímetros), entretanto esse tipo de tubulação é caracterizado pelo diâmetro externo. Estão divididos em duas classificações obedecendo ao critério da tensão circunferencial mínima ou Minimum Required Strenght (MRS), são elas: PE 80 para MRS de 8 Mpa e PE 100 para MRS de 10 Mpa. As juntas nas tubulações de polietileno são ponta-ponta.

Os tubos e conexões de aço têm como características a alta resistência às pressões internas e boa estanqueidade, mas baixa resistência a solos ácidos e a corrosão. Os diâmetros disponíveis vão de 170 (milímetros) a 2500 (milímetros).

Existem, também, tubulações que fazem o uso da fibra de vidro: o Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) e o PVC extrudado reforçado externamente com fibra de vidro e resina de poliéster (RPVC). A fibra de vidro é utilizada nesses casos para melhorar a resistência mecânica da tubulação, além disso, apresentam elevada resistência aos desgastes químicos. Os diâmetros usuais para esses tipos de tubos variam de 50 (milímetros) a 700 (milímetros).

Lembrando que a escolha do material da tubulação está diretamente ligada aos resultados obtidos, anteriormente, através das equações hidráulicas, estudos das pressões, esforços internos e externos a que estarão submetidos todos os elementos constituintes da rede de distribuição. Ressalta-se, ainda, a importância de fazer a proteção em pontos onde ocorre mudança de direção (cruzetas, tes, curvas, etc.) e locais onde haja redução do diâmetro. Esses elementos ficam submetidos a esforços decorrentes de pressões da água e movimentos no solo. Para proteger essas peças são construídos blocos de ancoragem. Essa medida ajuda a diminuir as perdas de água na rede de distribuição.

2.11 – Programação Aplicada a Projetos de Rede de Abastecimento de Água

A cada dia, torna-se cada vez mais importante a economia de tempo em qualquer área. Na engenharia não é diferente. A redução do tempo gasto com atividades cansativas e repetitivas tem sido uma busca constante, a fim de aperfeiçoar e dar mais qualidade aos projetos.

Nas últimas décadas, intensificou-se a procura por medidas que auxiliem no controle e distribuição de água, recurso que está se tornando cada vez mais escasso. Dado esse fato, tem-se observado maior busca por desenvolvimentos de softwares como forma de dar suporte e aumentar eficiência dos meios de controle de água.

Nesse sentido, a programação vem se tornando uma ferramenta cada vez mais importante, senão, indispensável em projetos de engenharia. E isto pode ser observado dado o crescente desenvolvimento e utilização de programas computacionais que auxiliam na elaboração desse tipo de trabalho. Além disso, também é de fundamental importância que em um projeto tente-se capturar ao máximo a representação da realidade de execução.

No mercado já existem alguns software disponíveis para o desenvolvimento de redes de abastecimento de água, no entanto, alguns deles não possuem uma interface de fácil utilização pelo usuário. Em alguns, é necessário que o usuário insira, como valor de entrada, inúmeros dados durante a utilização, e isso aumenta as chances de ocorrer erros, comprometendo o resultado final.

3 - METODOLOGIA

3.1 – Considerações Iniciais e Linguagens de Programação

O laboratório de hidráulica computacional da Universidade Federal do Ceará (UFC) desenvolveu uma plataforma, denominada de UFC2, o qual funciona dentro do AutoCAD. Seu objetivo é o traçado e transferência de redes e adutoras para o Epanet.

Com o propósito de complementar os resultados obtidos com o programa UFC2, buscou-se criar uma nova ferramenta que fosse capaz de facilitar a tarefa de desenvolver projetos de rede de abastecimento de água, cujo foco principal seria inserir as principais conexões nos encontros de uma rede, gerar planilhas de resultados e quantitativos. Essa ferramenta, denominada UFC3, foi desenvolvida pela autora e será o objeto de estudo deste trabalho.

O programa UFC3 foi desenvolvido nas linguagens de programação AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications), as quais são linguagens internas do próprio AutoCAD, um programa de Cad muito difundido no mercado da engenharia. Além dessas, também foi utilizada uma linguagem de programação externa conhecida como VB (Visual Basic).

A etapa inicial foi conhecer as funções e recursos das linguagens de programação utilizadas, a fim de formular as rotinas internas do programa. Utilizou-se os livros de Kramer (1995) e de Matsumoto (1998) para conhecer a linguagem AutoLISP. Já para os objetos de VBA utilizou-se o livro de Gibb e Kramer (1999) e para o VB o livro de Perry (1999).

Entre as vantagens de usar o AutoLISP na programação do software UFC3 está a possibilidade de utilizar inúmeros comandos originais e acessar o banco de dados do próprio AutoCAD dentro da programação, o que facilita a criação e manipulação das entidades de desenho.

Segundo Kramer (1995), o AutoLISP, que tem sua origem a partir da linguagem de programação conhecida como LISP, permite aos seus usuários a possibilidade de personalizar o programa AutoCAD com o objetivo de atender a suas necessidades específicas, para usar melhorias desenvolvidas por terceiros, a fim de possibilitar o desenvolvimento próprio e a posterior comercialização. Com isso usuários, sem experiência em programação, descobriram ser possível escrever facilmente algumas linhas de códigos que automatizavam as operações tediosas e repetitivas do AutoCAD.

Realizou-se, também, todo um estudo na literatura, em catálogos técnicos e consulta aos profissionais do ramo. O objetivo desse estudo foi conhecer as principais problemáticas ligadas à área técnica e gráfica dos projetos hidráulicos, conhecer as principais conexões e como elas são representadas. Além dos resultados que são apresentados em um projeto.

3.2 – As Conexões

Foram usadas, como elementos base, as representações utilizadas em projetos de rede de abastecimento elaborados pela Companhia de Água e Esgoto de Ceará (CAGECE), uma vez que é a mesma seguida por algumas empresas que trabalham nesse setor. Montou-se, a partir dessas informações, um quadro contendo as conexões e suas respectivas representações. Esse quadro é mostrado na figura 3.1, logo a seguir:

Figura 3. 1 - Quadro de símbolos representativos para conexões.

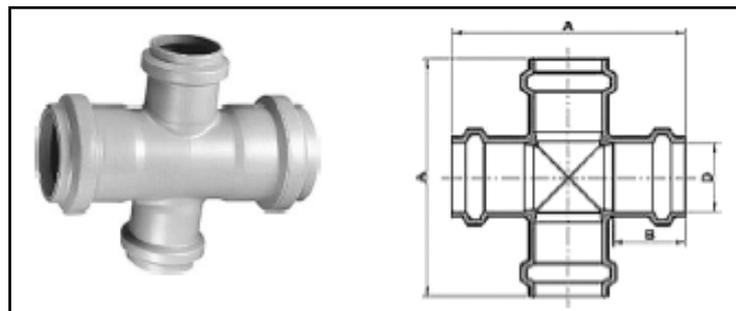
	CRUZETA JUNTA ELÁSTICA		CURVA 90 TRAVA EXTERNA
	CRUZETA TRAVA INTERNA		CURVA 90 TRAVA INTERNA
	CRUZETA TRAVA EXTERNA		CURVA 90 TRAVA MECANICA
	TE COM FLANGE		LUVA JUNTA ELÁSTICA
	TE JUNTA ELASTICA		LUVA JUNTA TRAVADA EXTERNA
	TE TRAVA INTERNA		LUVA JUNTA TRAVADA INTERNA
	TE TRAVA EXTERNA		LUVA JUNTA MECANICA
	CURVA 90 FLANGE		REDUÇÃO FLANGEADA
	CURVA 90 JUNTA ELÁSTICA		REDUÇÃO PONTA-BOLSA
			REDUÇÃO BOLSA-BOLSA
			REDUÇÃO TRAVA-INTERNA

O próximo passo foi definir os casos representativos das conexões, como o caso de um ponto que necessite de duas conexões juntas, por exemplo - quais os tipos de conexões o programa permite inserção, formato das legendas, admissão de pequenas distorções de traçado, etc.

A etapa seguinte foi desenvolver as rotinas de programação. Utilizou-se o AutoLISP para construir as funções base do programa. Essas funções permitem que o programa armazene informações sobre os tipos de conexões mais usadas, informações extraídas a partir do programa UFC2 como diâmetro, material e tipo da rede (existente, projetada ou adutora). Identificar o ponto e ângulo de inserção da conexão na rede. Além disso, foram formuladas rotinas que extraíssem os dados a partir das informações geradas pelas simulações da rede no Epanet.

Foram selecionados os tipos de conexões mais utilizados nos projetos. Entre eles estão: cruzeta, Te, curvas de 22,5°, 45° e 90°, luvas, redução, adaptador, cap, junção e registro. As figuras, a seguir, mostram as principais conexões utilizadas no programa e suas representações.

Figura 3. 2– Representação de conexão: Cruzeta.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 3 – Representação modelo de uma cruzeta no programa UFC3.

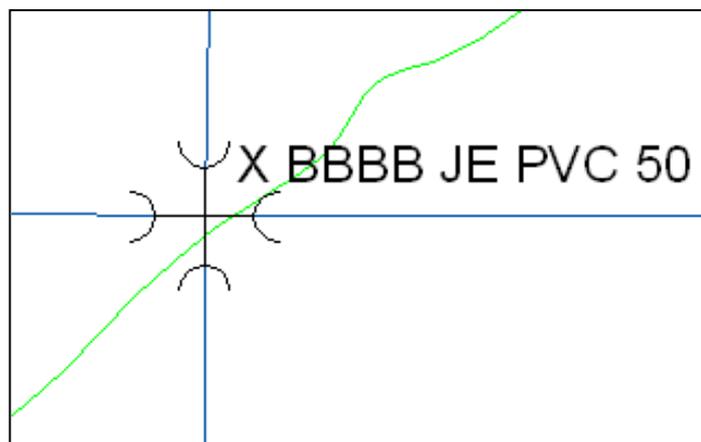
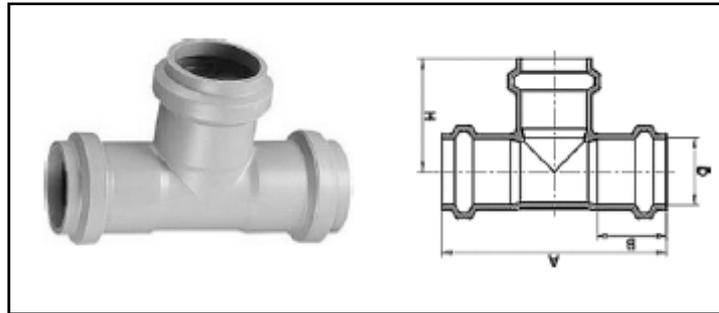


Figura 3. 4 – Representação de conexão: TE.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 5 – Representação modelo de um Te no programa UFC3.

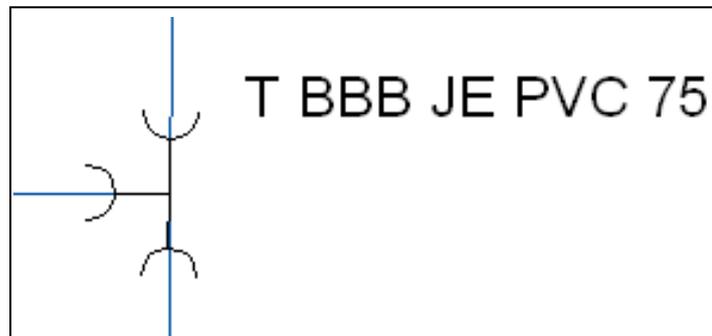
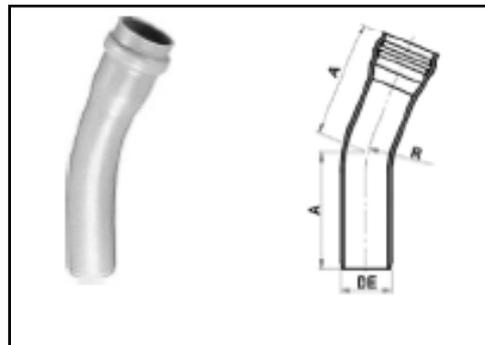


Figura 3. 6 – Representação de conexão: Curva de 22,5°.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 7 – Representação modelo de uma curva de 22,5° no programa UFC3.

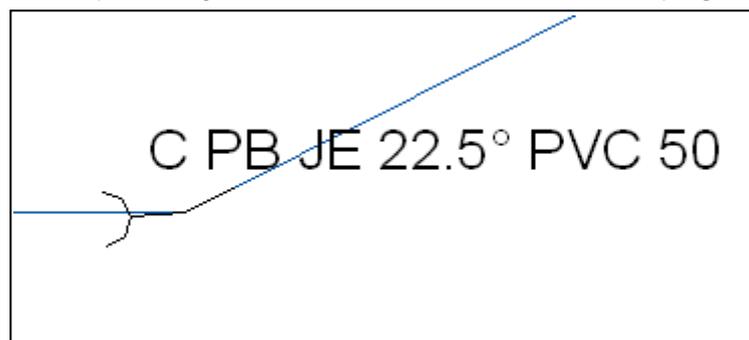
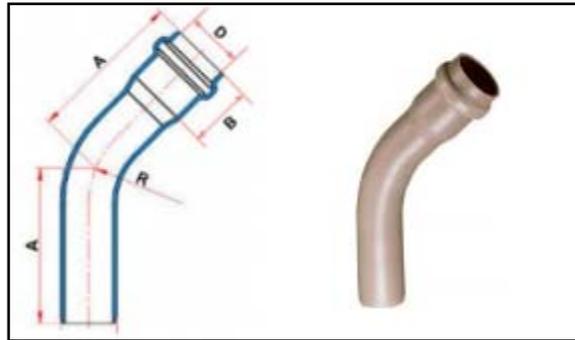


Figura 3. 8 – Representação de conexão: Curva de 45°.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 9 – Representação modelo de uma curva de 45° no programa UFC3.

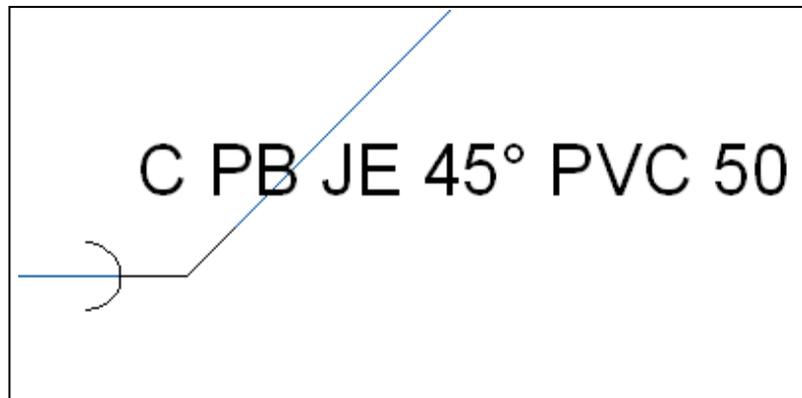
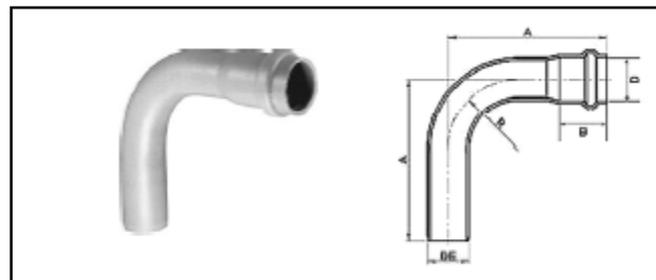


Figura 3. 10 – Representação de conexão: Curva de 90°.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 11 – Representação modelo de uma curva de 90° no programa UFC3.

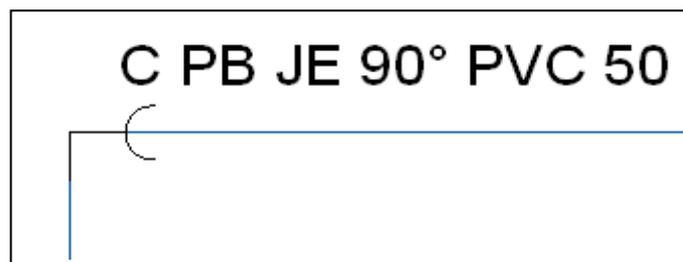
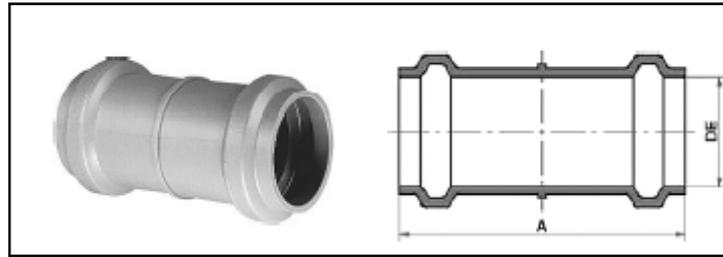


Figura 3. 12 – Representação de conexão: Luva.

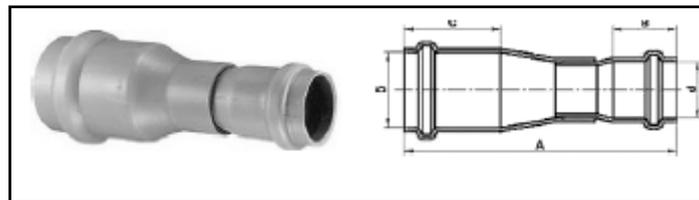


Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 13 – Representação modelo de uma luva no programa UFC3.



Figura 3. 14 – Representação de conexão: Redução.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 15 – Representação modelo de uma redução no programa UFC3.

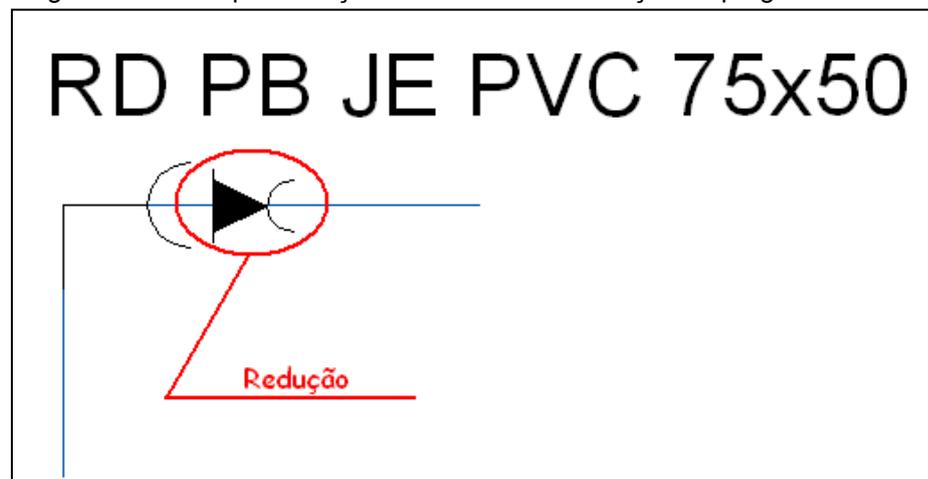
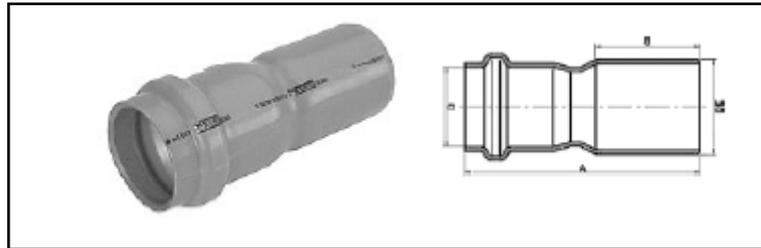


Figura 3. 16 – Representação de conexão: Adaptador.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 17 – Representação modelo de um adaptador no programa UFC3.

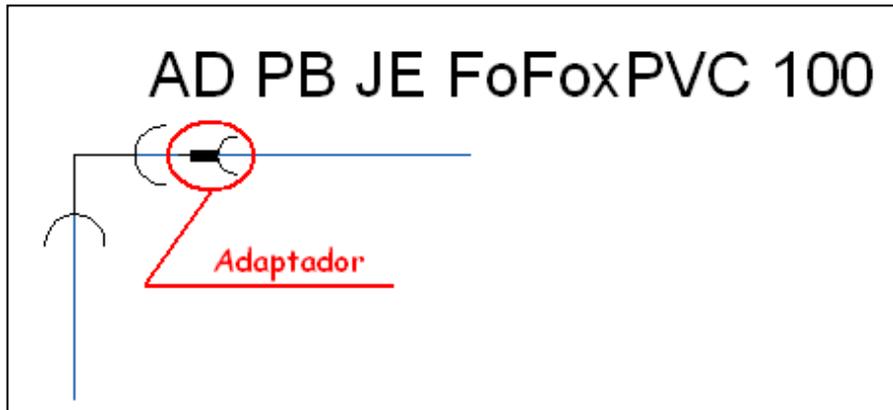
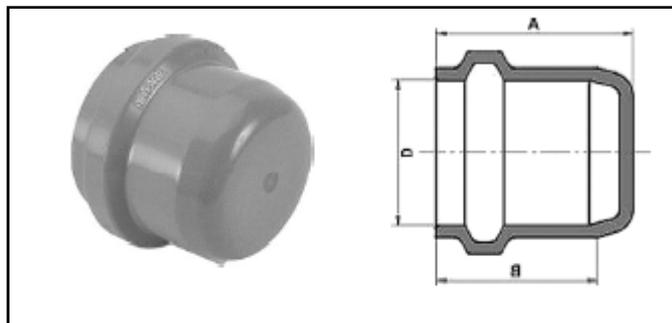


Figura 3. 18 – Representação de conexão: Cap.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 19 – Representação modelo de um cap no programa UFC3.

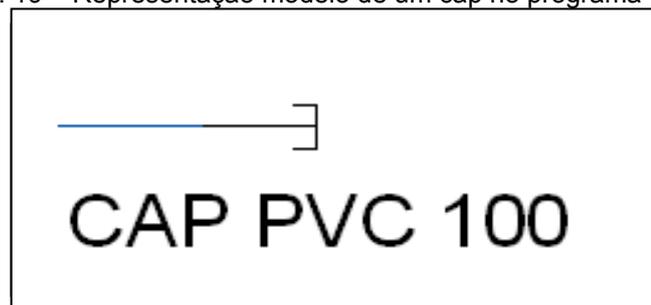
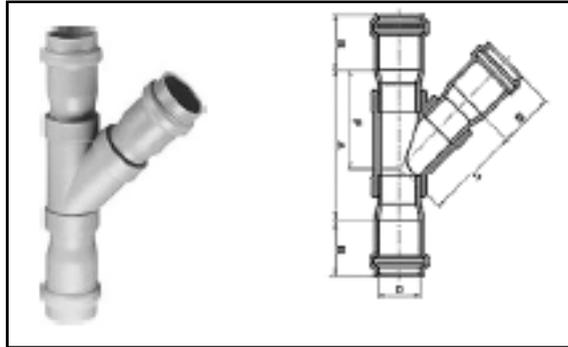


Figura 3. 20 – Representação de conexão: Junção.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2008.

Figura 3. 21 – Representação modelo de uma junção no programa UFC3.

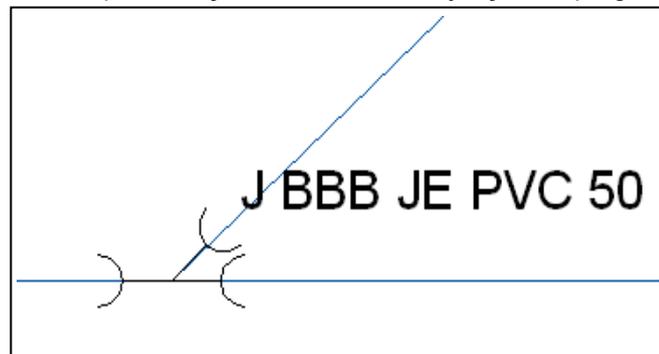
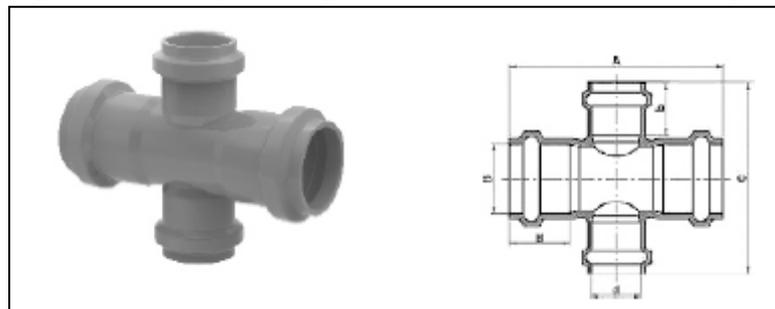


Figura 3. 22 – Representação de conexão: Cruzeta de Redução.



Fonte: Modificado Ficha Técnica Tigre, 2011.

Figura 3. 23 – Representação modelo de uma cruzeta de redução no programa UFC3.



As representações de legenda para cada uma das conexões também foram definidas e inseridas na rotina do programa. O padrão das representações foi proposto de acordo com as pesquisas realizadas em alguns projetos de redes, aos quais se teve acesso.

Também se buscou conhecer como é a realidade de instalação dessas conexões numa obra ou projeto e observou-se que alguns tipos de conexões podem ter sua angulação um pouco modificada durante a instalação, daí se estabeleceu para o programa certa margem de limitação, tanto para mais quanto para menos, para inserir as conexões no projeto.

As legendas das conexões inseridas pelo programa especificam: o tipo de conexão e suas derivações, o tipo de material e o diâmetro da conexão. Essas informações são captadas a partir dos dados da tubulação traçada na rede pelo programa UFC2. Entre as especificações sobre o tipo de conexão estão: junta elástica, trava interna, trava externa, flanges.

As representações das conexões foram desenhadas em formato de bloco do AutoCAD com atributos. Existe um bloco específico para a conexão e um para a legenda.

Definidos os padrões iniciais, a outra etapa foi de criar um arquivo “.mns” e um arquivo “.dll” , a fim de permitir a criação de um menu para o programa. O objetivo dessa etapa é para que o menu, quando acionado, carregue uma palheta de ferramentas com todos os elementos representativos do programa dentro do AutoCAD, a fim de permitir a inserção das conexões e as demais funções.

Para a construção do menu usou-se rotinas em AutoLISP, VBA e VB. O arquivo “.mns” possui funções do AutoLISP que são utilizadas para o desenvolvimento do menu inicial do programa. No menu foram usados ícones “.bmp” inserido no arquivo “.dll”, através deste recurso, possível utilizar os objetos de VB, não se fazendo necessário a inclusão desses ícones dentro de uma pasta suporte do AutoCAD.

Para definir as especificações das conexões criou-se um default para guardar as informações definidas durante a utilização do programa e, assim, eliminar a possível existência de caixas de diálogo. É importante ressaltar que a rotina do default contém todas as especificações que podem ser usadas, possui também uma função para definir a proporção dos blocos e outra para definir se as conexões serão inseridas em uma rede projetada, em uma rede existente ou em uma adutora. Para construir essa rotina usou-se a linguagem do VBA.

Logo em seguida, percebeu-se a necessidade de modificar o padrão das legendas das conexões, pois – às vezes – a posição delas poluía uma determinada região do desenho. Dessa maneira, criou-se uma função que permite o manuseio da posição da legenda, essa função foi denominada de Edit. Essa função, também, foi desenvolvida utilizando o VBA.

A inserção automática das conexões foi proposta através da programação da combinação de vários casos que englobam o número de trechos, o ângulo no ponto de inserção, o diâmetro, o tipo de material dos trechos envolvidos, etc. Tudo isso, verificando ainda a necessidade, ou não, de uma redução ou de adaptador.

Dos acessórios inseridos pelo UFC3, apenas o registro não é inserido automaticamente, mas manual. Sua legenda faz a indicação de registro, do material e do diâmetro utilizado.

Finalizado a primeira parte do programa que era inserir as conexões automaticamente. O passo seguinte foi incrementá-lo com uma nova função para executar uma etapa, também ligada às conexões, que é utilizada em projetos.

Em projetos de rede de água é comum fazer análises e comparações entre os traçados (desenho da rede) e simulações feitas em softwares, numerar os pontos de encontro facilita a interação entre os dois projetos.

Um software bastante utilizado para dimensionamento de redes de abastecimento é o EPANET e é, por isso, que o programa UFC2 possui uma função que envia a rede traçada no AutoCAD para ser simulada no EPANET. Assim, a função para inserir a numeração nas conexões e tubulações, introduzida no programa UFC3, foi baseada a partir da utilização do EPANET. Essa função foi programada em AutoLISP.

Para numerar as conexões, é necessário que a rede já tenha sido simulada no EPANET, gerando um arquivo “.inp”. Se esse arquivo existir, a rotina abre e lê o arquivo de texto gerado pelo EPANET, comparando as coordenadas do arquivo .inp com as coordenadas da janela do AutoCAD, obtendo a partir dessa comparação a numeração para cada conexão e tubo, ou seja, essa numeração é a mesma gerada pelo EPANET. Isso facilita a interação entre esses dois arquivos, uma vez que, a numeração da conexão e da tubulação é a mesma para o nó e para o trecho identificado pelo EPANET.

Entretanto, além de numerar, existe um tipo de planta, chamada de cálculo ou de pressões, onde é necessário apresentar as características dos nós, como pressão, carga e cota. Dada a existência dessa necessidade, criou-se uma nova rotina que, além de numerar, insere as informações acima citadas em cada nó.

Essa função foi desenvolvida em AutoLISP, utilizando as informações contidas no relatório completo gerado no EPANET. Após a simulação, é preciso que o projetista gere, através do EPANET, um arquivo de texto “.rpt”, nele estão contidas as informações necessárias a elaboração da função. O processo de reconhecimento é realizado através da comparação de informações com alguns pequenos cálculos. Como uma só rede pode possuir vários relatórios, ou seja, vários arquivos “.rpt”, uma caixa de diálogo foi criada para que o arquivo a ser utilizado pelo programa seja indicado corretamente.

A próxima função, chamada de listar, também foi programada utilizando o AutoLISP. Ela faz uma listagem de todas as conexões da rede e refaz o desenho de cada uma delas, as suas respectivas legendas e numeração em uma nova janela do AutoCAD. Ela foi obtida a partir das coordenadas de cada conexão. Foram definidos pontos e distâncias para organizar ordenadamente cada uma delas no formato de uma lista.

A função desenvolvida, logo após a listar, foi uma das mais simples. Consistiu em elaborar um bloco no AutoCAD que contivesse a representação das conexões em um formato de legenda. Daí a escolha do nome função legenda.

3.3 – As Planilhas de Resultados

A segunda parte do programa UFC3 consistiu na elaboração de uma planilha com os resultados obtidos nos trechos e nos nós da rede após realizada a simulação.

As informações presentes na planilha de resultados dos trechos são:

- Número do trecho;
- Nó inicial e nó final;
- Comprimento;
- Diâmetro;
- Vazão;
- Velocidade;
- Perda de carga.

Já os dados da planilha de resultados dos nós são:

- Número do nó;
- Consumo;
- Cota;
- Carga hidráulica;
- Pressão.

Essa planilha foi desenvolvida em Visual Basic. Os dados necessários são coletados a partir das informações contidas no arquivo “.rpt” do EPANET. Esses dados são organizados e a planilha apresenta-os em duas tabelas distintas, uma destinada aos nós e outra aos trechos. Para facilitar o manuseio dessas informações, criou-se uma rotina para transferência dessas tabelas de resultados para o Excel.

3.4 – As Planilhas de Quantitativos

A terceira parte do programa UFC3 foi a elaboração de uma rotina que tornasse possível o cálculo dos quantitativos da rede, a fim de gerar uma planilha. Essa função foi elaborada utilizando as linguagens de programação Visual Basic e AutoLISP. A quantificação consistia em calcular as quantidades de cada tipo de conexão e tubulação. Esses dados deveriam estar separados por tipo, diâmetro e material.

Além disso, foram inseridos outros itens que se fazem importantes para a elaboração de uma planilha de quantitativos. Esses itens foram obtidos através de alguns modelos de orçamentos de rede, juntamente, com o auxílio da tabela da Secretaria de Infra-Estrutura do Estado do Ceará (SEINFRA) – como construção do canteiro de obras; cadastro de rede de água e de adutora; locação da rede de água e locação nivelamento da adutora; trânsito, segurança e travessia; movimento de terra; assentamentos e fornecimento de tubos e conexões.

Para definir os parâmetros iniciais da planilha, implementou-se no código do default novas funções para armazenar os valores iniciais necessários a geração da planilha são eles: altura mínima de escoramento, recobrimento mínimo e largura da vala. Os valores que foram adotados para escoramento e recobrimento foram obtidos através de comunicação com a CAGECE. Os valores são os seguintes:

Altura mínima de escoramento (m) = 1,25

Recobrimento mínimo (m) = 0,90

Para definir a largura de vala foi consultada a NBR 12266 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana de água. Além da norma, também foram utilizadas informações contidas em projetos e com profissionais da área. Dessa maneira, o default apresenta a largura de vala variando de acordo com cada diâmetro da tubulação.

Os procedimentos de cálculo utilizados para calcular os volumes de escavação, reaterro, bota-fora e escoramento serão detalhados a seguir.

O volume de escavação é calculado baseado na equação seguinte:

$$V_E = Vala \cdot Profundidade \cdot L \quad (3.4.1)$$

Onde:

$$\begin{aligned} V_E &= \text{Volume Escavado (m}^3\text{);} \\ Vala &= \text{Largura da vala indicada pelo Default (m);} \\ Profundidade &= \text{Recobrimento + Diâmetro (m);} \\ L &= \text{Comprimento da tubulação (m).} \end{aligned}$$

O volume de bota-fora corresponde ao volume ocupado pela tubulação. Simplificadamente dado pela equação 3.4.2:

$$B_F = A_S \cdot L \quad (3.4.2)$$

Onde:

$$\begin{aligned} B_F &= \text{Volume de bota – fora (m}^3\text{);} \\ A_S &= \text{Área da seção transversal do tubo (m}^2\text{);} \\ L &= \text{Comprimento da tubulação (m).} \end{aligned}$$

O valor obtido pela equação acima é utilizado para o cálculo de reaterro, dado em m³, que é igual à diferença entre o volume total de escavação e o de bota-fora.

$$Reaterro = V_E - B_F \quad (3.4.3)$$

Existe, ainda, o cálculo da área que necessita de escoramento, esse procedimento é realizado com a intenção de garantir a segurança e evitar possíveis deslizamentos durante a instalação das tubulações.

Utiliza-se uma altura mínima de escoramento 1,25 (m). Para valores superiores a ela, calcula-se a área de escoramento. Ou seja, quando o valor encontrado para a soma entre o recobrimento e o diâmetro for superior a 1,25 (m), deve-se calcular a área a ser devidamente escorada. Normalmente esse tipo de situação ocorre para tubulações de grandes diâmetros.

A partir daí, seguiu-se para formular as funções internas da planilha. Essas funções oferecem, ao usuário, a possibilidade de alteração do valor padrão utilizado no cálculo da planilha. Primeiro, tem-se as quantidades dos elementos utilizados na construção do canteiro de obras.

A segunda rotina foi criada para o cálculo de perdas de material, onde se define um índice, em porcentagem, para o cálculo das perdas de tubulação e conexão em relação ao fornecimento desse material. O default do programa para o cálculo desse índice é de 5% para tubos e conexões.

A terceira função foi para definição dos elementos de segurança, trânsito e travessia. A travessia foi calculada através do produto entre a área do passadiço de madeira e a extensão da rede. Para trânsito e segurança através da multiplicação entre a extensão da sinalização e extensão da rede. Da divisão entre a extensão da rede por cada unidade de sinalização, tem-se a quantidade de placas para advertência a serem utilizadas.

O default para cada um desses itens é:

- *Passadiços de madeira (m²) = 0,05*
- *Sinalização noturna (m) = 0,5*
- *Sinalização de advertência = 300 (adimensional)*

A quarta função que refaz o cálculo no caso de alguma alteração. Por último, está a rotina que envia os dados da planilha gerada no Visual Basic para o Excel.

O default criado para os quantitativos foi programado dentro da função do default existente, assim uma única função fica responsável pelos dados de default utilizados pelo programa.

3.5 – Perfil

A quarta, e última, parte do programa UFC3 foi a elaboração de uma rotina que permitisse o traçado do perfil longitudinal da adutora. Essa função foi desenvolvida nas linguagens de programação AutoLISP e VBA.

Inicialmente, esta rotina gera o perfil do terreno, a cada estaca, de acordo com as curvas de nível do projeto. As cotas do terreno são obtidas através da utilização de uma função desenvolvida pelo laboratório de hidráulica computacional, que faz o cálculo das cotas através de interpolações entre o ponto a ser cotado e as curvas de nível próximas a ele.

Desenvolvido o perfil do terreno, o passo seguinte foi calcular o perfil da geratriz inferior, cujas cotas são obtidas por meio da equação a seguir:

$$C_{GI} = C_T - (\text{Recobrimento} + \text{Diâmetro}) \quad (3.5.1)$$

Onde:

C_{GI} = Cota da Geratriz Inferior (m);

C_T = Cota do Terreno (m).

O perfil gerado apresenta as seguintes informações:

- Número de estaca;
- Distância acumulada;
- Cota do terreno;
- Cota da geratriz inferior;
- Profundidade.

Esses dados estão em formato usual para plotagem em escala horizontal 1:2000 e vertical 1:200.

A segunda parte dessa função permite que sejam incluídos, no perfil da adutora, os traçados da linha piezométrica e das envoltórias de cargas máxima e mínima. Esses dados são inseridos, juntamente, com suas respectivas informações apresentadas a seguir:

- Cota de carga permanente (m);
- Cota de carga máxima (m);
- Cota de carga mínima (m).

Esses dados são extraídos a partir de um arquivo de texto gerado pelo programa UFC6 – Software para cálculo de transientes hidráulicos (Golpe de Aríete).

É importante lembrar que, para traçar o perfil da adutora e do terreno não é necessário o uso do programa UFC6. A utilização desse programa só se faz importante, para as representações do perfil das linhas de carga.

Todas as informações inseridas no perfil são dadas em metros.

4 - RESULTADOS

4.1 – Apresentação do Programa UFC3

O programa UFC3, aqui desenvolvido, permite que sejam realizadas ações, cujas finalidades são auxiliar no ofício de desenvolver projetos de redes para abastecimento de água. Suas funções vão desde a inserção de conexões à apresentação de resultados e quantitativos de projeto.

Falando inicialmente das conexões, o programa permite que sejam inseridas as seguintes conexões: cruzeta, TEs, curvas, luvas, junções, reduções, adaptadores, cap, registro, te e cruzeta de redução. Além disso, pode-se especificar se a conexão é com junta elástica, trava interna, trava externa ou flangeada. Cada conexão possui sua respectiva legenda, onde estão especificados o tipo de conexão, o material e diâmetro.

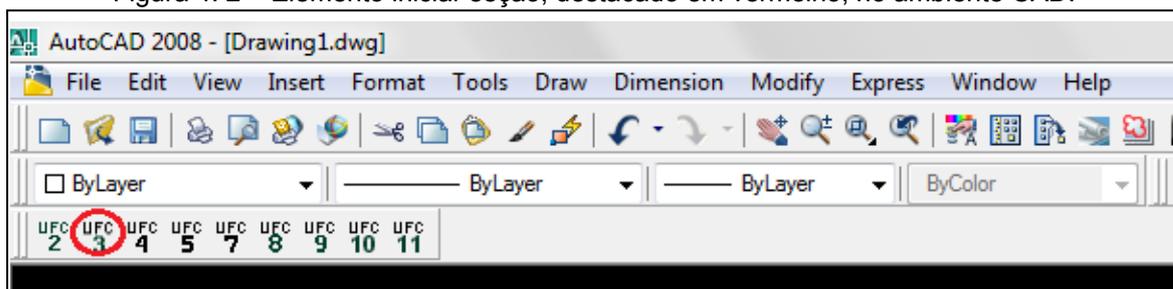
Esses objetos são inseridos nos encontros entre as tubulações de uma rede de abastecimento de água, lembrando que a rede deve ter sido traçada com o auxílio da plataforma UFC2 e simulada pelo software Epanet.

O programa funciona dentro do ambiente do AutoCAD. Depois de instalado, um novo ícone, denominado iniciar seção, é inserido dentro da caixa de ferramentas do AutoCAD. Ele é o responsável por carregar os elementos gráficos contidos no menu do UFC3. Esse ícone está representado abaixo na figura 4.1:

Figura 4. 1 – Elemento iniciar seção.



Figura 4. 2 – Elemento iniciar seção, destacado em vermelho, no ambiente CAD.



Como observado na figura 4.2, o UFC3 faz parte do pacote UFC que corresponde ao conjunto de ferramentas destinadas ao auxílio de projetos de água, esgoto e drenagem urbana. Por isso, ao instalar o programa UFC3, está instalando os demais programas visualizados na figura. Até mesmo porque, a utilização do UFC3 está atrelada ao uso do UFC2.

Quando o programa é executado uma nova barra de ferramentas é inserida dentro da janela do AutoCAD. Essa palheta possui todas as funções disponíveis do programa, como mostra a figura 4.3:

Figura 4. 3 – Palheta de ferramentas do programa UFC3.



O programa reconhece, se no local de inserção da conexão, existe tubulação traçada com as devidas configurações, ou seja, se foram traçadas pelo UFC2, e define, automaticamente, a conexão adequada para os pontos de encontro da rede. Maneira essa que evita a ocorrência de erros grosseiros, causados pela falta de atenção, ou mesmo pelo desgaste físico e mental do projetista. A seguir, na figura 4.4, estão descritas a função de cada elemento mostrado na figura 4.3:

Figura 4. 4 – Quadro de funções dos elementos do programa.

	Iniciar Seção: <i>Carrega a palheta de ferramentas do programa</i>
	Conexão: <i>Insere todas as conexões na rede automaticamente</i>
	Registro: <i>Insere registros na rede</i>
	Default: <i>Define os padrões a serem utilizados pelo programa UFC3</i>
	Edit: <i>Edita as posições das legendas das conexões</i>
	Borracha: <i>Apaga a conexão e sua legenda</i>
	Numerar: <i>Numera as conexões e tubulações da rede</i>
	Pressão: <i>Numera e apresenta as pressões, carga e cota dos nós da rede</i>
	Listar: <i>Lista todas as conexões da rede em um novo arquivo de CAD</i>
	Legenda: <i>Insere um quadro indicando a legenda para as conexões</i>
	Quantitativos: <i>Gera os quantitativos da rede</i>
	Planilha: <i>Gera uma planilha dos resultados nos nós e nos trechos da rede</i>
	Perfil: <i>Gera perfil do terreno da adutora e das linhas do transiente</i>

4.2 – Defaults do Programa

É no default onde se define a configuração padrão inicial que será utilizada pelo programa. O default do programa UFC3 possui duas páginas para modificações e visualizações definidas da seguinte forma: Geral e Quantitativo.

Na página geral estão contidos os dados de entrada para as conexões: cruzetas, tes, curvas, luvas, reduções, adaptadores, junções e extremidades. Nela possível modificar o valor padrão para cada objeto inserido, mudar o valor da escala para legendas e blocos.

Além disso, ele permite que o usuário possa optar entre inserir conexões em redes projetadas, em redes existentes, em adutoras, ou nas três opções. E para fazer isso basta marcar ou desmarcar essas opções. A figura 4.5 mostra a caixa de default do programa UFC3.

O valor padrão de cada objeto inserido é junta elástica, exceto para extremidade e luva. No entanto, esses dados podem ser alterados para: trava interna, trava externa ou flange. Conforme a figura 4.6.

Figura 4. 5 – Default geral do programa.

Default UFC3

Geral | Quantitativos

Dados de entrada	Valor Padrão
Cruzetas	junta elástica-t
TE	junta elástica-t
Curvas	junta elástica-t
Luvas	não inserir
Redução	junta elástica-t
Adaptador	junta elástica-t
Junção	junta elástica-t
Extremidade	cap

Geral

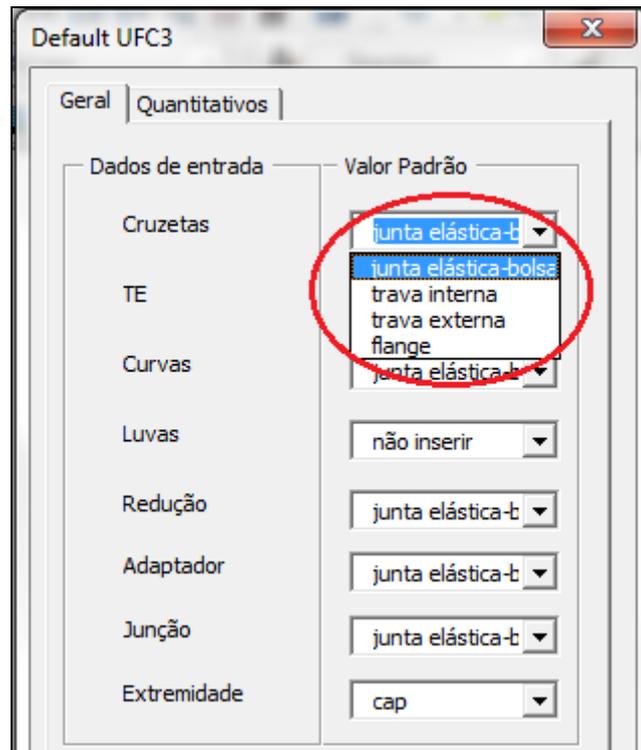
Proporção das legendas e blocos: x 1

Inserir Conexões em Redes:

Projetada Existente Aduora

OK Cancelar

Figura 4. 6 – Opções de valores gerais para modificações no default.



Na aba de quantitativos são definidos os dados de entrada a serem utilizados para gerar a planilha de quantitativos. É o local onde são fixados valores para: altura mínima de escoramento, recobrimento mínimo e largura de valas.

Os valores de default pré-estabelecidos pelo programa para escoramento e recobrimento mínimo são, respectivamente, 1,25 (m) e 0,90 (m). Os valores para largura de valas variam de acordo com os diâmetros da tubulação. A figura a seguir apresenta a aba do Default usada na planilha dos quantitativos.

Figura 4. 7 – Default de quantitativos.

Default UFC3

Geral Quantitativos

Dados de Entrada

Altura mínima de escoramento (m): 1.25

Recobrimento mínimo (m): 0.90

Largura da Vala (m):

DN(mm) 50 - 75:	0.60
DN (mm) 100:	0.60
DN (mm) 150:	0.60
DN (mm) 200:	0.70
DN (mm) 250:	0.75
DN (mm) 300:	0.80
DN (mm) 350:	0.80
DN (mm) 400:	0.90
DN (mm) 450:	0.90
DN (mm) 500:	1.00
DN (mm) > 500:	1.15

OK Cancelar

4.3 – Edit do Programa

Esta função permite modificações no local da legenda, cuja finalidade é diminuir a poluição visual no desenho.

4.4 – Função Conexão

4.4.1 – Cruzetas

Essa conexão é inserida para conectar quatro trechos da tubulação. As próximas figuras são exemplos de cruzetas inseridas pelo UFC3:

Figura 4. 8 – Cruzeta com trava interna.

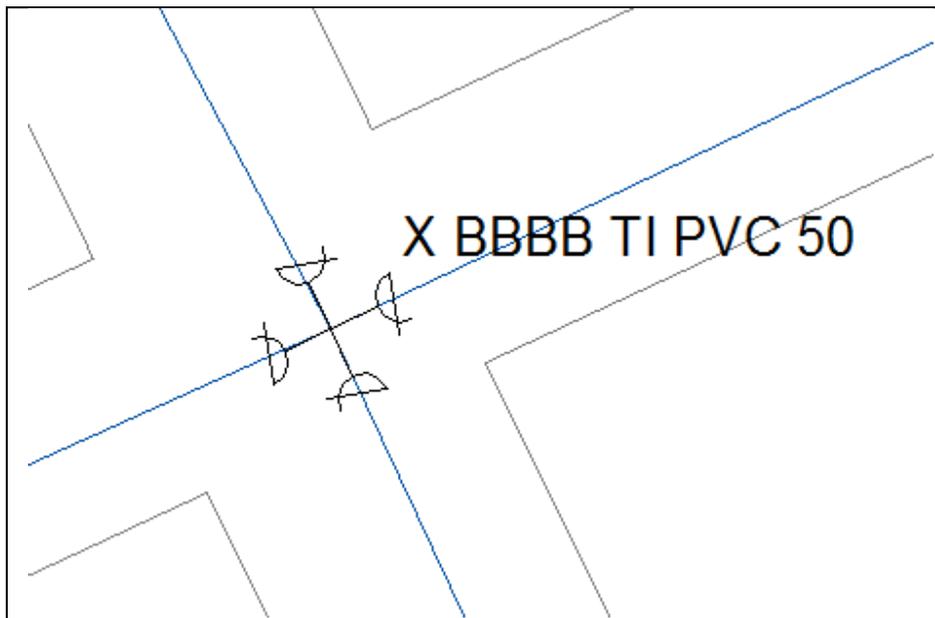
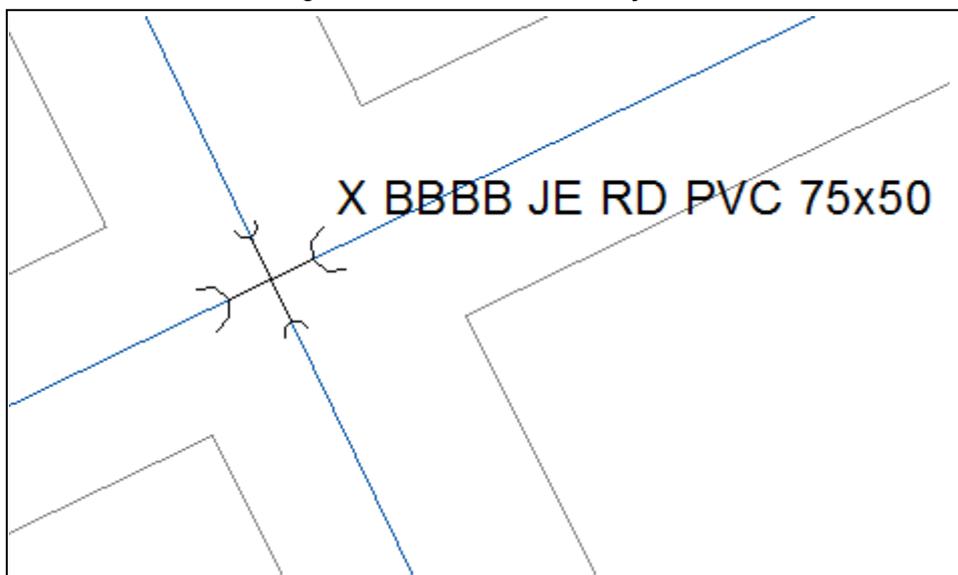


Figura 4. 9 – Cruzeta de redução.



4.4.2 – Tes

Esse elemento interliga três trechos da tubulação. Logo a seguir, têm-se exemplos dos elementos dessa função:

Figura 4. 10 – Conexão Te flangeado.

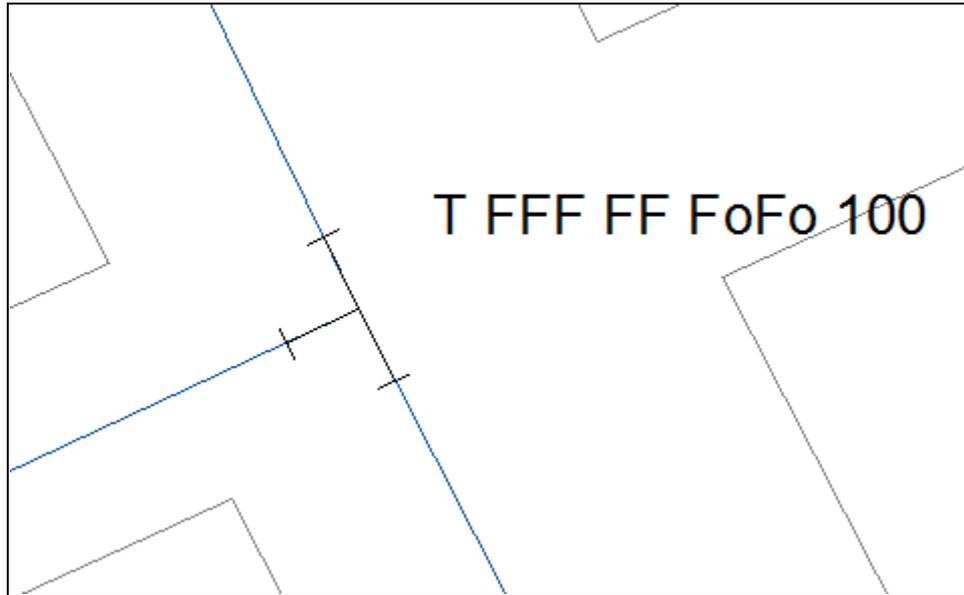
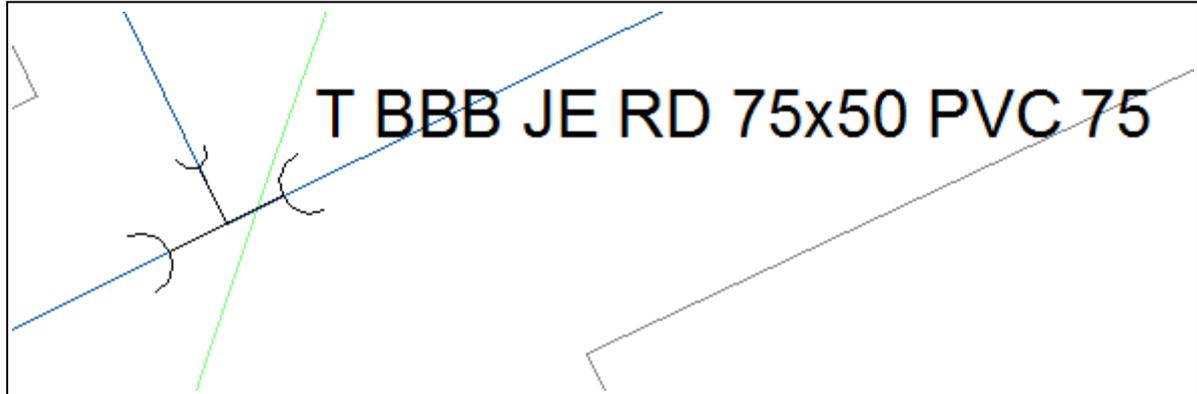


Figura 4. 11 – Conexão Te de redução.



4.4.3 – Curvas

O programa reconhece três angulações para curvas: 90°, 45°, 22,5°. E, como já citado anteriormente, o programa possui um intervalos de [-0,5°, 0,5°], tanto para mais quanto para menos, que alteram o ângulo para inserção das conexões. Por isso, caso seja necessário inserir mais de uma conexão para interligar os trechos, como uma cruzeta e uma curva ou duas curvas, o programa insere automaticamente.

Figura 4. 12 – Curva de 90° inserida pelo programa.

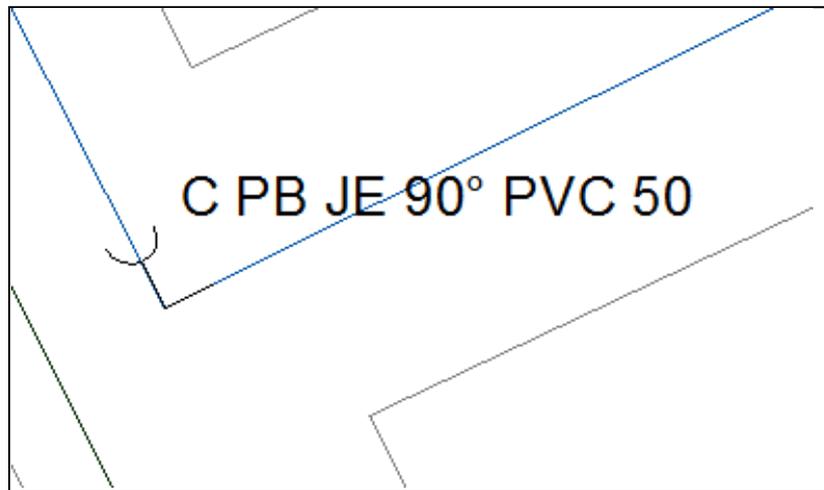
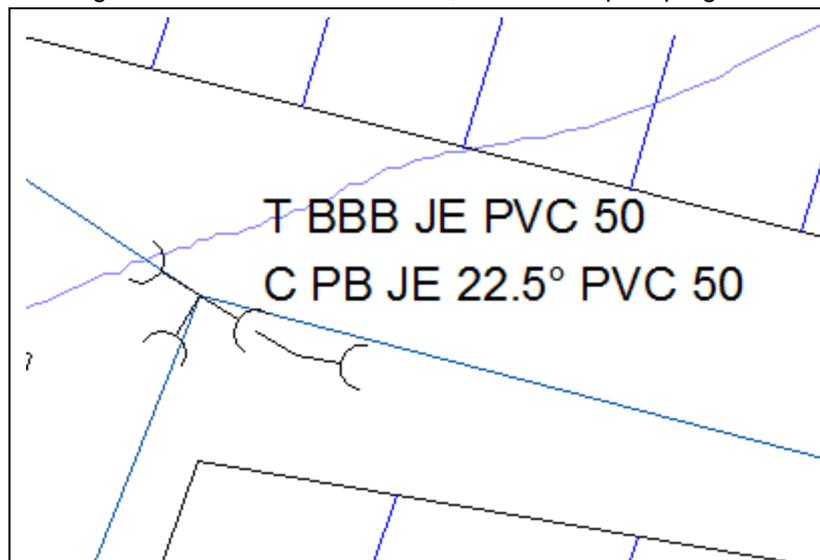


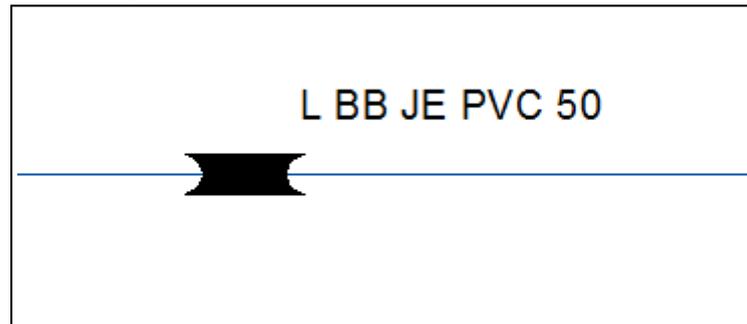
Figura 4. 13 – Te e Curva de 22,5° inseridas pelo programa.



4.4.4 – Luvas

O padrão do programa é não inserir as luvas automaticamente, mas apenas nos pontos estabelecidos pelo projetista. Para isso, é necessário marcar a opção para inseri-la, após a definição dos pontos.

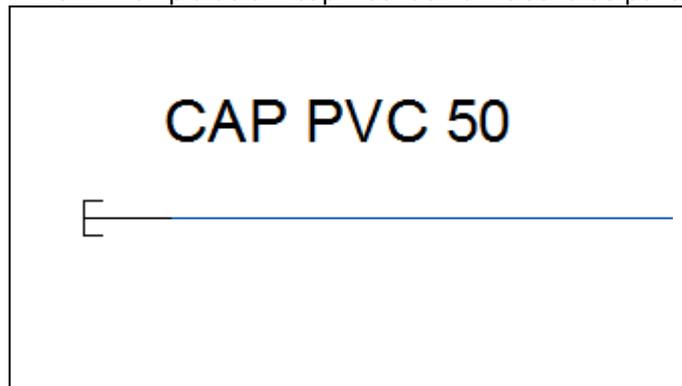
Figura 4. 14 – Conexão luva com junta elástica.



4.4.5 – Cap

Essa conexão é inserida, quando há a existência de uma ponta seca no final de um trecho.

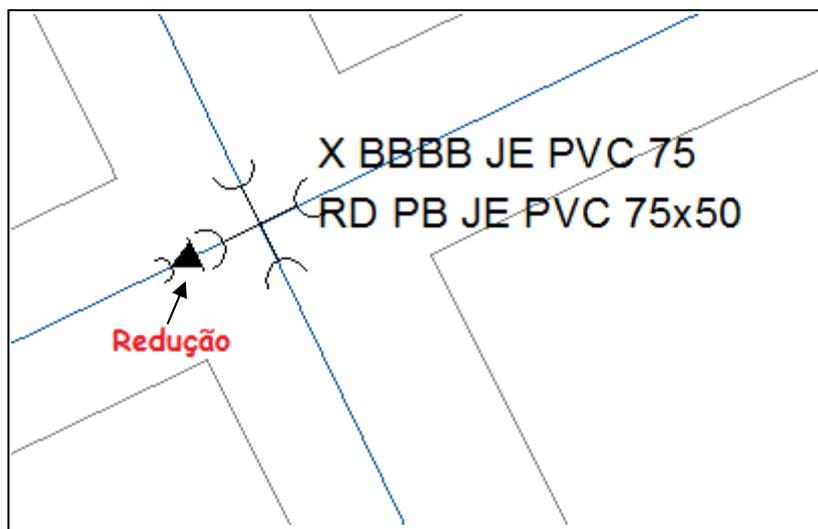
Figura 4. 15 – Exemplo de um cap inserido num trecho de ponta seca.



4.4.6 – Reduções

Quando existe diferença entre os diâmetros dos trechos da tubulação, o programa localiza os tubos onde existe a diferença, inserindo a conexão principal, juntamente com a redução, automaticamente. Não necessitando intervenção do projetista. No exemplo que segue a redução, indicada na figura 4.16, foi inserida a fim de conectar um tubo de 75 (mm) e outro de 50 (mm):

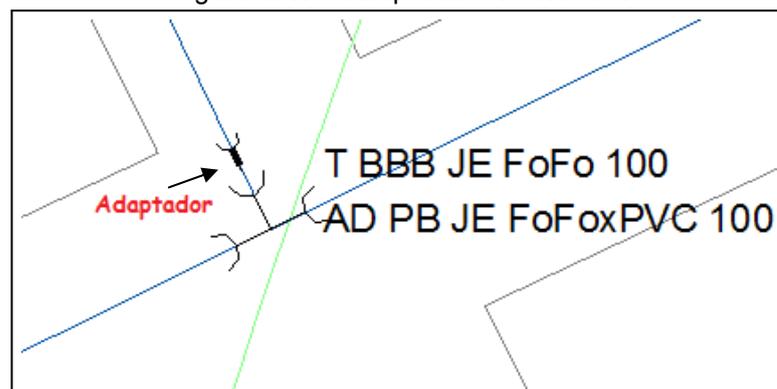
Figura 4. 16 – Redução 75 x 50 mm.



4.4.6 – Adaptadores

Quando existe uma diferença de material entre os trechos de ligação da tubulação, o programa insere um adaptador automaticamente. No exemplo, tem-se um adaptador para conectar uma conexão de ferro fundido em um tubo de PVC.

Figura 4. 17 – Adaptador PVC x FoFo.



4.4.7 – Junções

Quando existe a necessidade de interligar três trechos, cujo um dos trechos está a 45° em relação a outro tubo, insere-se uma junção.

Figura 4. 18 – Exemplo de uma junção na rede.

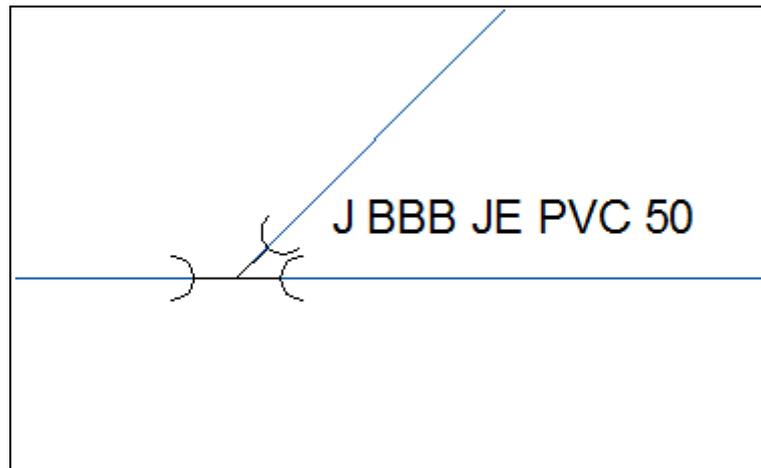
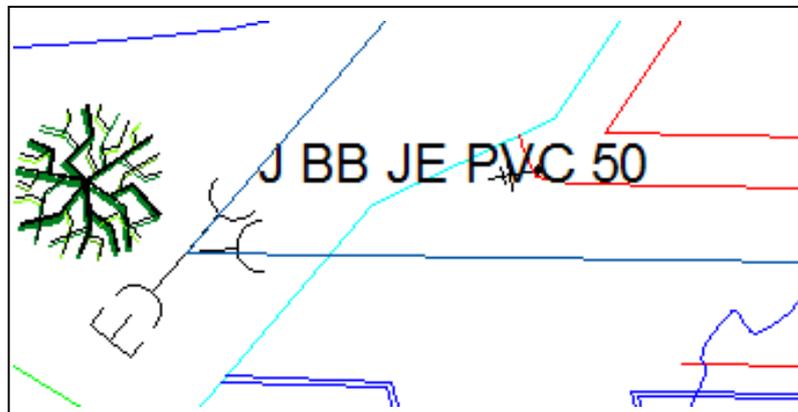


Figura 4. 19 – Exemplo de uma junção com cap na rede.



4.4.8 – Rede com conexões UFC3

As figuras abaixo apresentam duas redes de abastecimento de água traçadas utilizando o programa UFC2 com conexões inseridas pelo UFC3.

Figura 4.20 – Exemplo de uma rede utilizando as conexões do UFC3.

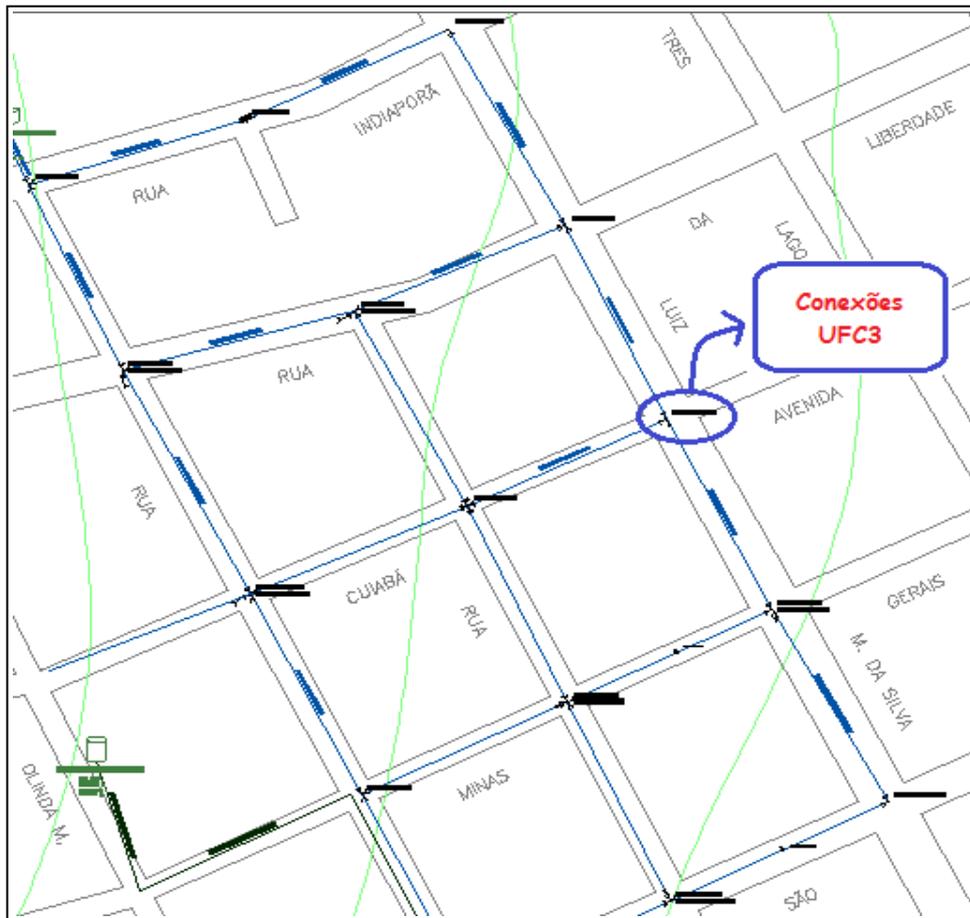
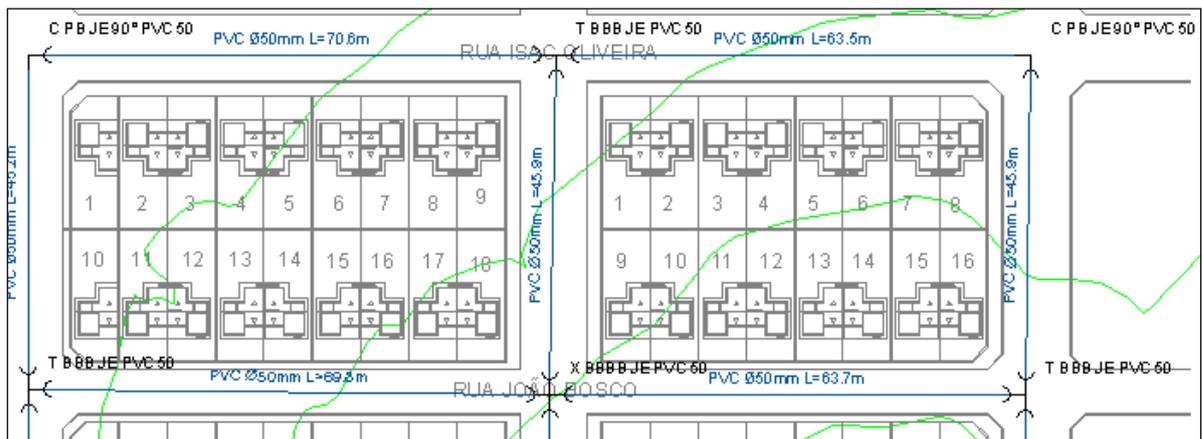


Figura 4.21 – Exemplo com destaque para conexões inseridas pelo UFC3.



4.5 – Função Registro

Esse elemento é inserido manualmente, em qualquer trecho de uma rede.

Figura 4. 22 – Exemplo de registro inserido pelo programa.



4.6 – Função Borracha

Essa função foi criada com o objetivo de facilitar o trabalho de apagar as conexões e suas respectivas legendas. Ao ser acionada, a função solicita a conexão a ser apagada. Selecionando o bloco ou a legenda da conexão, o programa apaga ambos automaticamente. Normalmente esse tipo de operação é utilizado para pequenas tarefas rotineiras ou pequenas modificações no projeto.

4.7 – Função Numerar

Essa função permite numerar as conexões e as tubulações da rede. Como citado anteriormente, os números são obtidos a partir da numeração do arquivo “.inp” gerado pelo EPANET. Isso facilita a interação entre os dois projetos. Essa numeração deve ser realizada logo após a inserção das conexões.

Figura 4. 23 – Exemplo de numeração nos nós e trechos da tubulação.

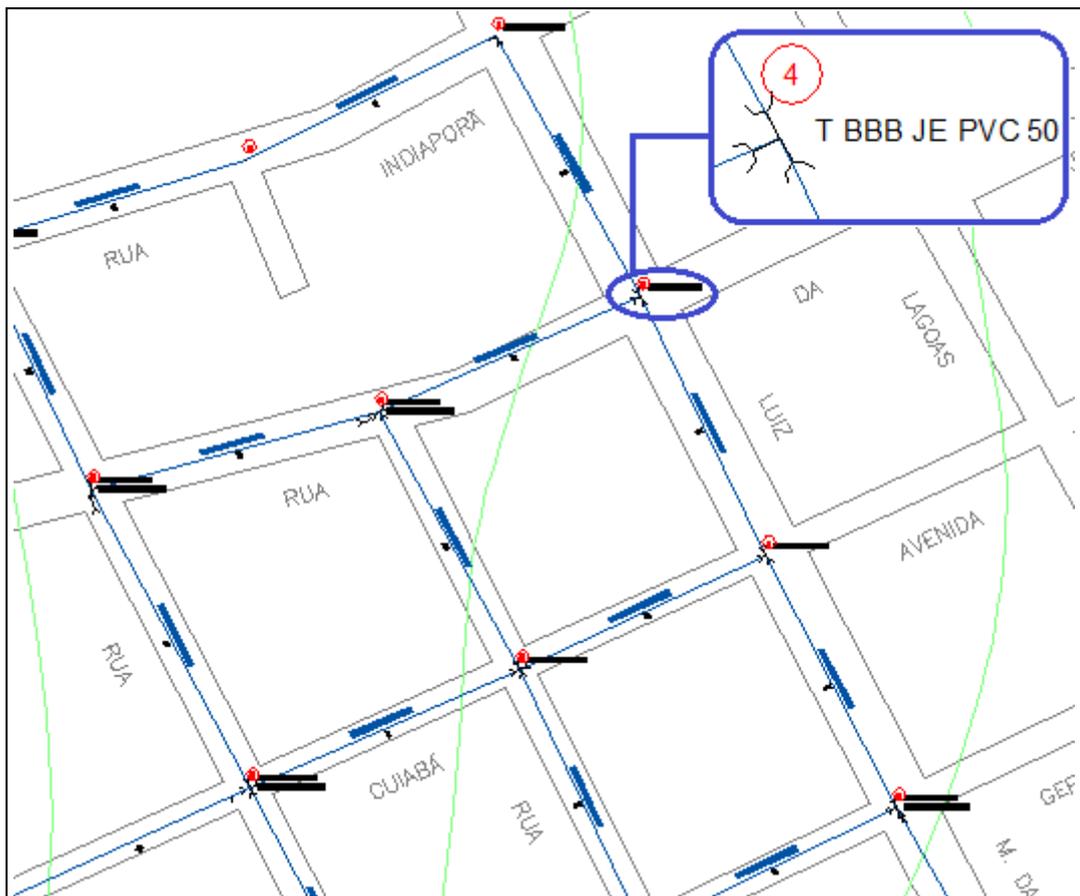
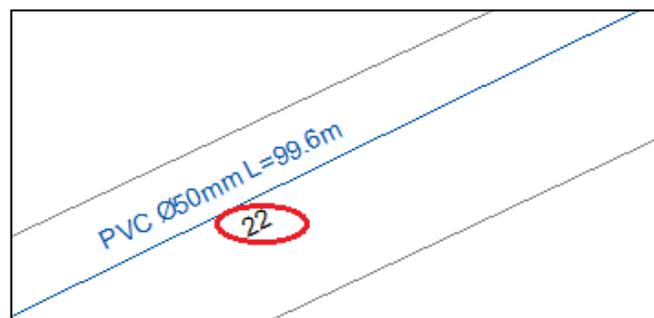


Figura 4. 24 – Exemplo de numeração em trecho de tubulação.



4.8 – Função Pressões

Essa função insere nos nós da rede os valores obtidos para pressão, carga hidráulica e cota do terreno. Ao acionar essa função, é necessário indicar o arquivo “.rpt” gerado ao final da simulação da rede no Epanet.

Figura 4. 25 – Exemplo das pressões inseridas nos nós da rede.

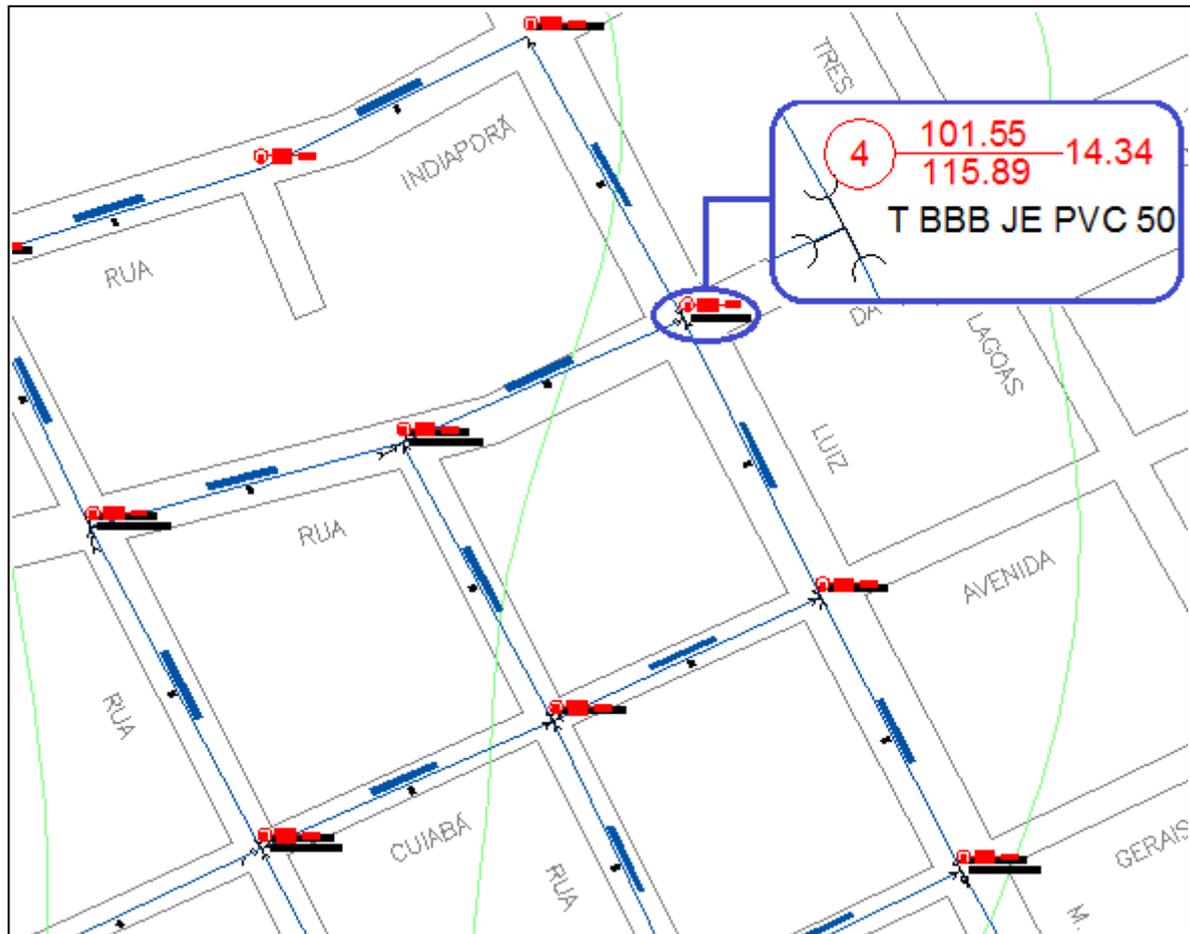


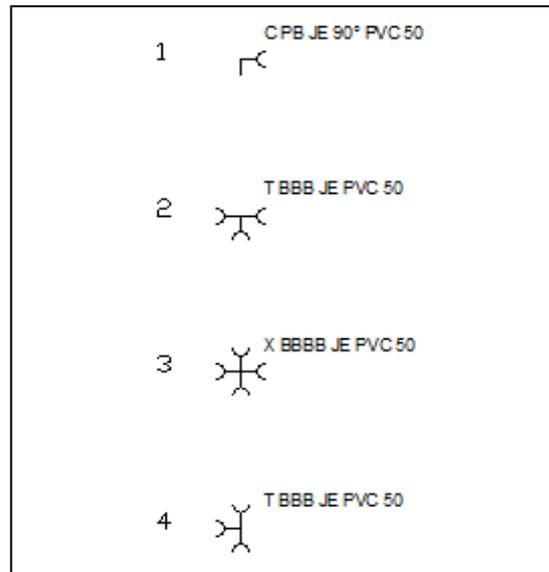
Figura 4. 26 – Elementos constantes na função pressão.



4.9 – Função Listar

Lista todas as conexões que foram inseridas em uma nova página do AutoCAD, a numeração dessa listagem é a mesma utilizada na função anterior. Veja a figura 4.27:

Figura 4. 27 – Listagem gerada pelo programa.



4.10 – Função Legenda

Essa função insere um quadro de legenda das conexões.

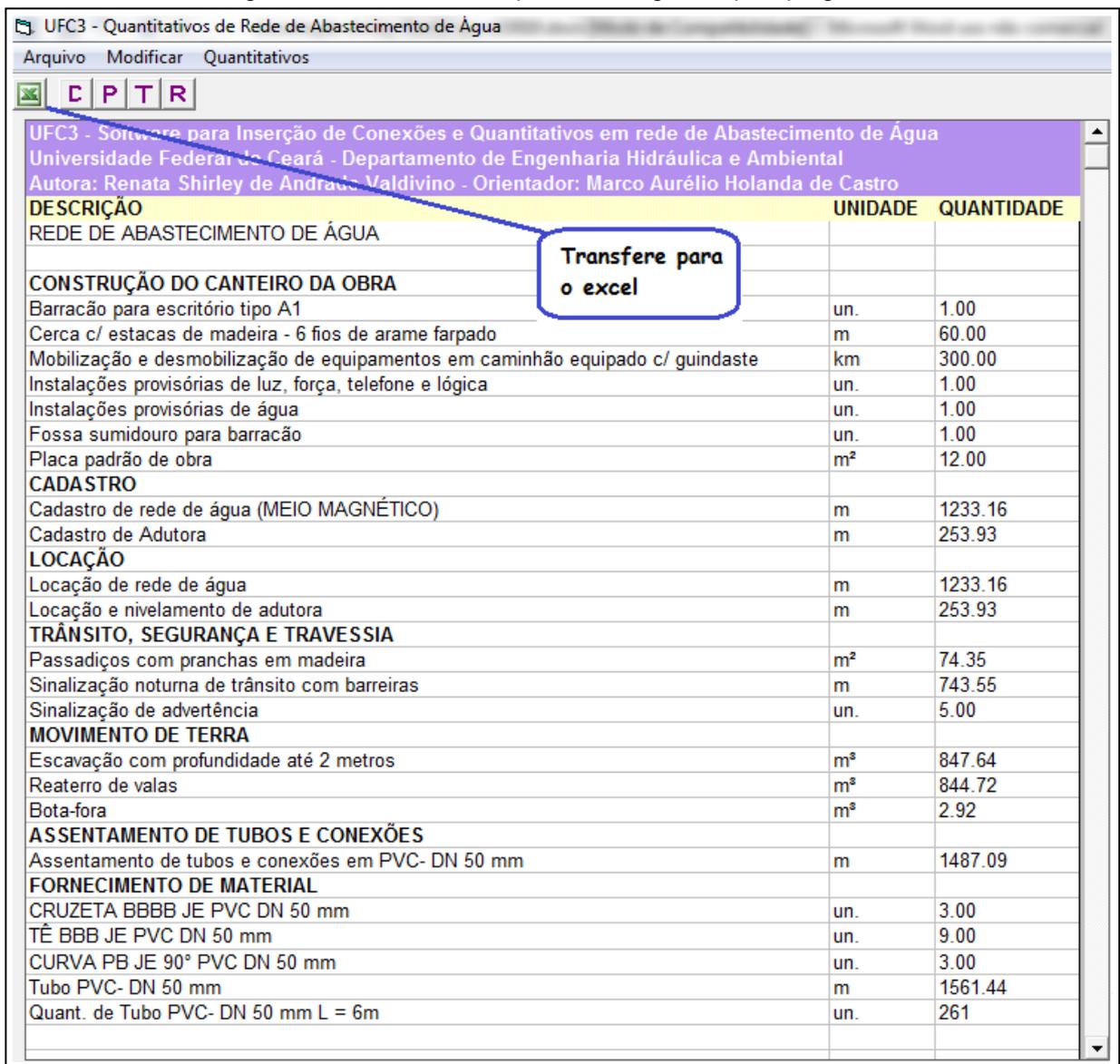
Figura 4. 28 – Quadro de legenda.

LEGENDA - CONEXÕES	
	Cruzeta
	Te
	Curva
	Luva
	Redução
	Adaptador
	Cap
	Registro

4.11 – Função Quantitativo

Gera os quantitativos de toda a rede (tubulação e conexões), considerando elementos como: canteiro de obras; cadastro de rede e adutora; locação de rede e adutora; sinalização e segurança; movimento de terra; assentamento e fornecimento material. A planilha gerada pode ser transferida para o excel através do acionamento do ícone em destaque na figura 4.29.

Figura 4. 29 – Planilha de quantitativos gerada pelo programa.



UFC3 - Quantitativos de Rede de Abastecimento de Água

Arquivo Modificar Quantitativos

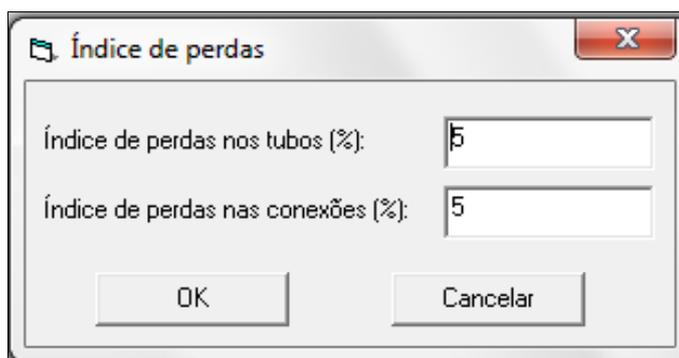
C P T R

UFC3 - Software para Inserção de Conexões e Quantitativos em rede de Abastecimento de Água
 Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
 Autora: Renata Shirley de Andrade Valdivino - Orientador: Marco Aurélio Holanda de Castro

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
CONSTRUÇÃO DO CANTEIRO DA OBRA		
Barracão para escritório tipo A1	un.	1.00
Cerca c/ estacas de madeira - 6 fios de arame farpado	m	60.00
Mobilização e desmobilização de equipamentos em caminhão equipado c/ guindaste	km	300.00
Instalações provisórias de luz, força, telefone e lógica	un.	1.00
Instalações provisórias de água	un.	1.00
Fossa sumidouro para barracão	un.	1.00
Placa padrão de obra	m ²	12.00
CADASTRO		
Cadastro de rede de água (MEIO MAGNÉTICO)	m	1233.16
Cadastro de Adutora	m	253.93
LOCAÇÃO		
Locação de rede de água	m	1233.16
Locação e nivelamento de adutora	m	253.93
TRÂNSITO, SEGURANÇA E TRAVESSIA		
Passadiços com pranchas em madeira	m ²	74.35
Sinalização noturna de trânsito com barreiras	m	743.55
Sinalização de advertência	un.	5.00
MOVIMENTO DE TERRA		
Escavação com profundidade até 2 metros	m ³	847.64
Reaterro de valas	m ³	844.72
Bota-fora	m ³	2.92
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES		
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 50 mm	m	1487.09
FORNECIMENTO DE MATERIAL		
CRUZETA BBBB JE PVC DN 50 mm	un.	3.00
TÊ BBB JE PVC DN 50 mm	un.	9.00
CURVA PB JE 90° PVC DN 50 mm	un.	3.00
Tubo PVC- DN 50 mm	m	1561.44
Quant. de Tubo PVC- DN 50 mm L = 6m	un.	261

As letras C, P, T e R referem-se às funções da planilha. A letra C é responsável por armazenar os dados referentes ao canteiro de obras. Já letra P é utilizada como default para o cálculo do índice de perdas de material, que será utilizado pelo programa. O default inicial da função de 5%, mas o projetista pode alterar utilizando a função P. Conforme a figura 4.30 abaixo:

Figura 4. 30 – Default para índice de perdas.



Índice de perdas

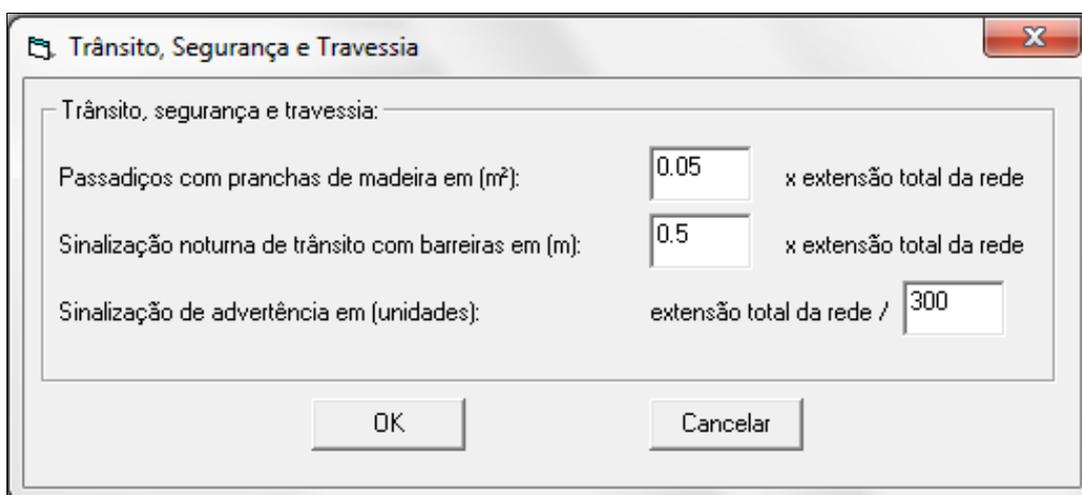
Índice de perdas nos tubos (%): 5

Índice de perdas nas conexões (%): 5

OK Cancelar

A letra T está relacionada ao default para o cálculo dos itens de transporte, segurança e travessia.

Figura 4. 31 – Default para cálculo dos itens de transportes e segurança.



Trânsito, Segurança e Travessia

Trânsito, segurança e travessia:

Passadiços com pranchas de madeira em (m²): 0.05 x extensão total da rede

Sinalização noturna de trânsito com barreiras em (m): 0.5 x extensão total da rede

Sinalização de advertência em (unidades): extensão total da rede / 300

OK Cancelar

E finalmente a letra R que aciona a função para recalcular, após qualquer alteração feita nos itens anteriores.

Conforme anteriormente citado, os dados podem ser transferidos para o Excel, como na figura 4.32:

Figura 4. 32 – Planilha no Excel com os dados exportados pelo programa.

	A	B	C	D	E
1	UFC3 - Software para Inserção de Conexões e Quantitativos em rede de Abastecimento de Água				
2	Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental				
3	Autora: Renata Shirley de Andrade Valdivino - Orientador: Marco Aurélio Holanda de Castro				
4	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE		
5	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
6					
7	CONSTRUÇÃO DO CANTEIRO DA OBRA				
8	Barracão para escritório tipo A1	un.	1		
9	Cerca c/ estacas de madeira - 6 fios de arame farpado	m	60		
10	Mobilização e desmobilização de equipamentos em caminl	km	300		
11	Instalações provisórias de luz, força, telefone e lógica	un.	1		
12	Instalações provisórias de água	un.	1		
13	Fossa sumidouro para barracão	un.	1		
14	Placa padrão de obra	m ²	12		
15	CADASTRO				
16	Cadastro de rede de água (MEIO MAGNÉTICO)	m	1233.16		
17	Cadastro de Adutora	m	253.93		
18	LOCAÇÃO				
19	Locação de rede de água	m	1233.16		
20	Locação e nivelamento de adutora	m	253.93		
21	TRÂNSITO, SEGURANÇA E TRAVESSIA				
22	Passadiços com pranchas em madeira	m ²	74.35		
23	Sinalização noturna de trânsito com barreiras	m	743.55		
24	Sinalização de advertência	un.	5		
25	MOVIMENTO DE TERRA				
26	Escavação com profundidade até 2 metros	m ³	847.64		
27	Reaterro de valas	m ³	844.72		
28	Bota-fora	m ³	2.92		
29	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				
30	Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 50 mm	m	1487.09		
31	FORNECIMENTO DE MATERIAL				
32	CRUZETA BBBB JE PVC DN 50 mm	un.	3		
33	TÊ BBB JE PVC DN 50 mm	un.	9		
34	CURVA PB JE 90° PVC DN 50 mm	un.	3		
35	Tubo PVC- DN 50 mm	m	1561.44		
36	Quant. de Tubo PVC- DN 50 mm L = 6m	un.	261		

4.12 – Função Resultados

Com essa rotina é possível gerar uma planilha com os resultados, obtidos através da simulação no Epanet, para trechos e nós da rede. Em relação aos nós da rede a planilha apresenta os resultados para os seguintes dados:

- N° do nó;
- Consumo;
- Cota do terreno;
- Carga;
- Pressão.

Já, tratando-se das informações relativas aos trechos são:

- N° do trecho;
- Nó inicial e final;
- Comprimento;
- Diâmetro;
- Vazão;
- Velocidade;
- Perda de carga.

Todas as informações contidas na planilha podem ser exportadas para o excel. Veja figura 4.33:

Figura 4. 33 – Planilha de resultados gerada pelo programa UFC3.

UFC3 - Resultados da Rede de Abastecimento

PLANILHA DE RESULTADOS - NÓS				PLANILHA DE RESULTADOS - TRECHOS						
NÓ	CONSUMO (L/s)	COTA (m)	CARGA (m)	NÓ INI	NÓ FIN	L (m)	D (mm)	Q (L/s)	V (m/s)	P.C. (m/km)
1	0.29	81.83	104.19	1	2	70.6215	50	-0.04	0.02	0.03
2	0.28	86.47	104.19	2	3	45.8831	50	-0.24	0.12	0.55
3	0.35	87.97	104.22	3	4	63.6748	50	-0.11	0.06	0.10
4	0.24	88.64	104.22	4	5	46.8324	50	-0.61	0.31	2.74
5	0.24	90.59	104.35	5	6	63.6466	50	0.26	0.13	0.62
6	0.35	88.87	104.31	6	7	44.8502	50	-0.75	0.38	3.91
7	0.35	88.72	104.49	7	8	68.5875	50	0.37	0.19	1.15
8	0.25	87.11	104.41	8	9	47.9072	50	-0.46	0.23	1.67
9	0.10	80.56	104.49	9	10	60.2966	50	-0.64	0.33	2.90
10	0.28	88.36	104.69	10	11	47.9081	50	0.79	0.40	4.27
11	0.25	92.36	104.70	11	12	64.4032	50	-0.68	0.35	3.34
12	0.19	91.22	105.79	12	13	47.6076	50	-2.01	1.04	22.93
13	0.17	87.17	104.19	13	14	65.6132	50	1.71	0.87	16.79
14	0.25	83.58	104.21	14	15	63.4866	50	-0.08	0.04	0.06
15	0.25	85.92	104.30	15	16	45.8799	50	-0.26	0.13	0.61
16	-3.95	106.53	106.53	16	17	45.1579	50	-0.25	0.13	0.57
				17	18	69.7534	50	-0.03	0.02	0.02
				18	19	46.8325	50	-0.51	0.26	2.03
				19	20	69.0131	50	0.14	0.07	0.21
				20	21	44.8523	50	-0.58	0.29	2.48
				21	22	47.5555	50	0.47	0.24	1.73
				22	23	44.8566	50	-1.11	0.57	7.82
				23		9.9406	50	-3.95	2.01	74.59

Enviar Planilha de Nós para o Excel.
 Enviar Planilha de Trechos para o Excel.

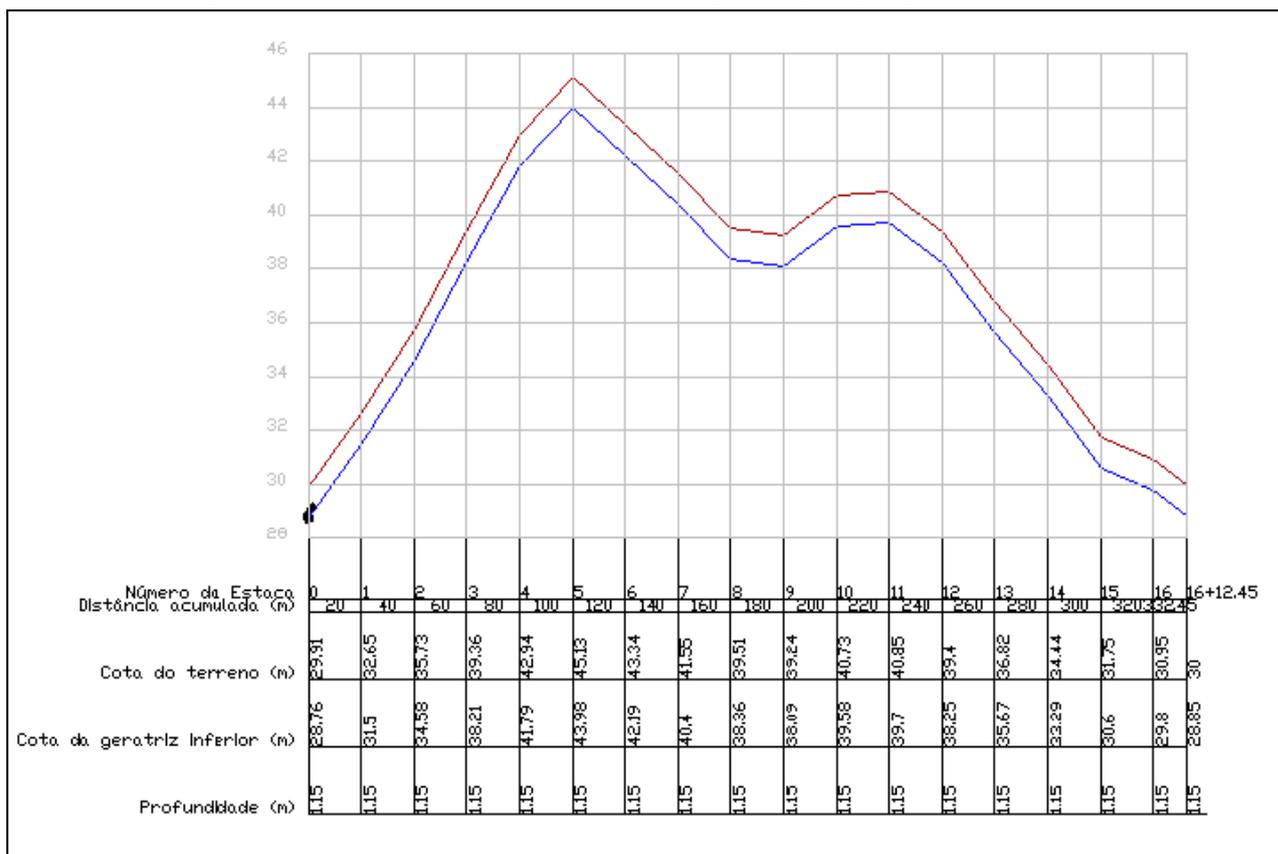
OK

Autores: Renata Shirley de Andrade - re_shirley@hotmail.com
 Marco Aurélio Holanda de Castro - marco@ufc.br

4.13 – Perfil

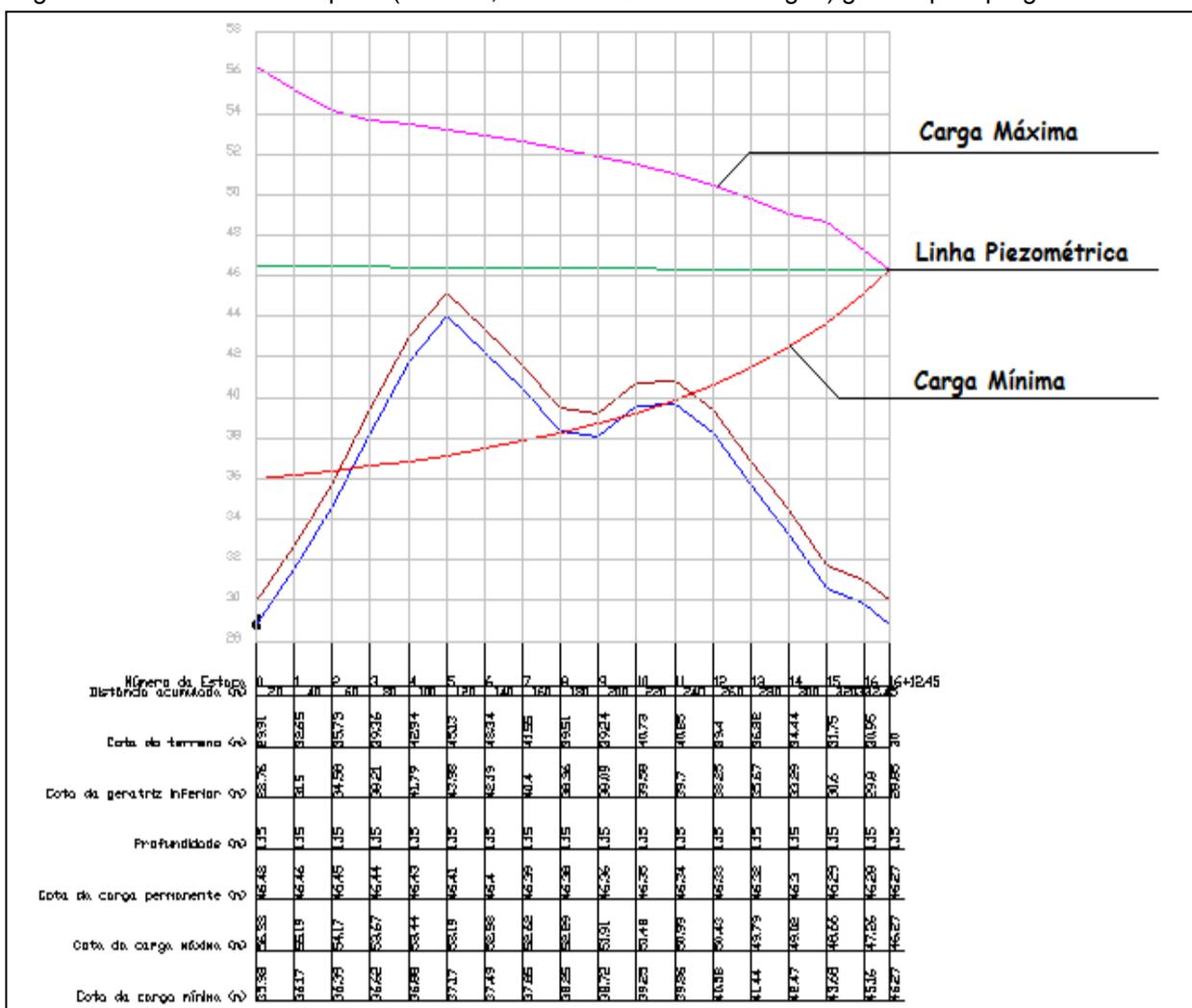
Com essa função permite o traçado do perfil longitudinal da adutora. O traçado pode ser efetuado por duas maneiras diferentes. A primeira corresponde somente ao perfil do terreno e da adutora, conforme a figura 4.34:

Figura 4. 34 – Perfil do terreno e da adutora gerado pelo programa UFC3.



A segunda inclui, além do perfil do terreno e da adutora, as linhas: piezométrica, de carga máxima e de carga mínima. Esses dados são extraídos a partir da utilização da plataforma UFC6, software de cálculo do transiente hidráulico. Entretanto, para traçar somente o perfil do terreno e da adutora, não necessário a utilização do programa UFC6. A figura 4.35 apresenta o perfil longitudinal completo de uma adutora qualquer.

Figura 4.35 – Perfil do completo (Terreno, Adutora e Linhas de Cargas) gerado pelo programa UFC3.



As informações presentes na zona inferior do desenho do perfil mostrado na figura 4.35 são: N° da estaca; distância acumulada; cota do terreno; cota da geratriz inferior; profundidade; cota da carga permanente; cota da carga máxima; cota da carga mínima. Para o perfil mostrado no primeiro caso as informações são as mesmas, exceto pela ausência das três cargas finais. Nos anexos, encontram-se os dois perfis em escala maior.

5 - CONCLUSÃO

O software UFC3, ferramenta desenvolvida neste trabalho, cujos focos estão voltados para inserção de conexões, gerar quantitativos e planilhas de resultados para uma rede de abastecimento de água traçada a partir da plataforma AutoCAD. É uma ferramenta que complementa o traçado do projeto de rede, pois, insere elementos indispensáveis à rede com maior praticidade. O programa ainda auxilia na elaboração do memorial cálculo, pois as planilhas de resultados já minimizam todo trabalho da coleta e formatação dos mesmos. Além disso, a planilha de quantitativos ajuda na construção do orçamento final com maior precisão.

Isso faz com que gastos de tempo desnecessários com esse tipo de trabalho, que é muito oneroso e cansativo para o projetista, sejam demasiadamente diminuídos. E menos cansaço implica em redução de erros grosseiros no projeto, uma maior velocidade na conclusão do projeto final, ou seja, cumprimento de prazos, e recebimento em caixa. Além disso, outra vantagem muito importante do programa é a sua facilidade de manuseio pelo usuário, pois a sua interface é auto-explicativa.

Foram realizados vários testes em redes reais e fictícias e observou-se a bom desempenho do programa. Dessa maneira, o programa UFC3 conseguiu atingir seus objetivos: automatização ao inserir elementos conectivos e fornecer elementos de auxílio à composição de projeto. Isso traz maior rapidez, redução de gastos e aumento qualidade do projeto final.

6 - BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12266 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BRASIL. Epanet 2.0 Manual do Usuário. Paraíba: UFPB, 2006. 197p.

BRASIL. Manual de Educação para o Consumo Sustentável. Brasília: IDEC, 2005.

BRASIL. Manual de Saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007. 407p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano, Universidade Federal de Minas Gerais: Editora UFMG, 2006. 859p.

http://esa.un.org/iys/docs/san_lib_docs/EvidenceReport_pt.pdf. Acessado em 22/08/2008

http://historiadagua.ana.gov.br/livro_historia_agua.pdf. Acessado em 20/08/2008

<http://onu.org.br/em-outubro-planeta-tera-sete-bilhoes-de-habitantes-afirma-onu>. Acessado em 06/05/2011

<http://onu.org.br/populacao-mundial-passara-de-dez-bilhoes-ate-2100>. Acessado em 06/05/11

<http://planetaorganico.com.br/site/index.php/c/trabalhos/page/3/>. Acessado em 05/05/2011

http://pt.wikibooks.org/wiki/Civiliza%C3%A7%C3%B5es_da_Antiguidade/Civiliza%C3%A7%C3%A3o_Sum%C3%A9ria. Acessado em 11/04/2011

http://www.pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua#distribui.C3.A7.C3.A3o_na_Terra.

Acessado em 20/08/2008

http://pt.wikipedia.org/wiki/Evolu%C3%A7%C3%A3o_da_Popula%C3%A7%C3%A3o_Mundial. Acessado em 06/05/2011

<http://statastic.com/category/world/page/2/>. Acessado em 19/05/2011

<http://super.abril.com.br/ciencia/fantastica-ciencia-antigo-egito-444035.shtml>.

Acessado em 11/05/2011

<http://super.abril.com.br/saude/quanto-tempo-corpo-aguenta-agua-444356.shtml>.

Acessado em 10/04/2011.

<http://www.abes-dn.org.br/portal/index.php/component/content/article/41-noticias-home-abes/170-quantidade-de-agua-recomendada-para-uso-diario-por-pessoa>.

Acessado em 16/05/2011

<http://www.abes-dn.org.br/portal/index.php/component/content/article/41-noticias-home-abes/171-espaco-noticias>. Acessado em 16/05/2011

http://www.agua.bio.br/botao_e_H.htm. Acessado em 10/04/2011.

<http://www.aguas.cnpm.embrapa.br/natureza/agua/aguahumano.htm>. Acessado em 10/04/2011.

<http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200760012D.pdf>. Acessado em 11/04/2011

<http://www.bigma.com.br/artigos.asp?id=39>. Acessado em 06/05/2011

http://www.brasildasaguas.com.br/brasil_das_aguas/importancia_agua.html.

Acessado em 20/08/2008

<http://www.cbdb.org.br/documentos/ErtonCarvalho-Hidráulica.pdf>. Acessado em 11/04/2011

<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P16&uf=00>. Acessado em 19/05/2011

<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>. Acessado em 20/08/2008

<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Águas-Superficiais/37-O-Problema-da-Escassez-de-Água--no-Mundo>. Acessado em 06/05/2011

<http://www.cooptec.coop.br/downloads/ambiental/Saneamento%20e%20sa%FAde%20nos%20pa%EDses%20em%20desenvolvimento.pdf#page=170>. Acessado em 21/08/2008

<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=24&sid=97&tpl=printerview>. Acessado em 22/08/2008

<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1375&sid=129>. Acessado em 11/04/2011

<http://www.cunolatina.com.br/dicas.htm>. Acessado em 20/08/2008

<http://www.ecodebate.com.br/2009/04/02/tj-isenta-prefeito-de-multa-por-lancar-esgoto-sem-tratamento-no-rio-sorocaba/>. Acessado em 18/05/2011

http://www.economiabr.net/economia/3_saneamento_basico.html. Acessado em 21/08/2008

http://www.enge.com.br/manual_saneam_ambiental.htm. Acessado em 21/08/2008

<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/moreira/cap2.html>. Acessado em 11/04/2011

<http://www.fao.org/kids/es/water.html>. Acessado em 10/05/2011

<http://www.funasa.gov.br/>. Acessado em 17/09/2008

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>.
Acessado em 21/08/2008

http://www.ice.org.uk/patoolkit/Policy/Sustainable-infrastructure#card_12. Acessado
em 19/05/2011

www.idec.org.br/biblioteca/mcs_agua.pdf. Acessado em 10/05/2011

http://www.ietec.com.br/ietec/sala_de_imprensa/sala_de_imprensa/materiais_publica_dos/2006/04/17/2006_04_17_0011.2xt/-template_interna_sala_de_imprensa.
Acessado em 21/08/2008

<http://www.o2engenharia.com.br/o2eng/instalacoes-hidro-sanitarias>. Acessado em
11/04/2011

<http://www.opas.org.br/ambiente/uploadArq/Programacao.doc>. Acessado em
22/08/2008

<http://www.onu-brasil.org.br/busca.php>. Acessado em 22/08/2008

http://www.onu-brasil.org.br/view_news.php?id=4698. Acessado em 22/08/2008

<http://www.pnud.org.br/administracao/reportagens/index.php?id01=3435&lay=apu>.
Acessado em 06/06/2011

<http://www.pnud.org.br/administracao/reportagens/index.php?id01=3439&lay=apu>.
Acessado em 06/06/2011

<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=3440&lay=san>.
Acessado em 06/06/2011

<http://www.portalsaofrancisco.com.br>. Acessado em 11/04/2011

http://www.rededasaguas.org.br/quest/quest_05.asp. Acessado em 06/05/2011

http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/ln_aducao_agua/tubos.asp. Acessado em 26/07/2011

<http://www.scielo.br/pdf/esa/v10n3/a06v10n3.pdf>. Acessado em 21/08/2008

<http://www.scribd.com/doc/12882426/A-Civilizacao-Mesopotamica>. Acessado em 11/04/2011

<http://www.sinpro-rs.org.br/extraclasse/abr03/movimento.htm>. Acessado em 06/05/2011

<http://www.tigre.com.br>. Acessado em 17/11/2008

<http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?newsID=11908&criteria1=&criteria2=>. Acessado em 22/08/2008

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.html. Acessado em 10/05/2011

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/watersmart.html>. Acessado em 10/05/2011

http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=curiosidades.htm. Acessado em 10/04/2011

http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=1&pag=cont2_040808.htm. Acessado em 20/08/2008

http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=1&pag=cont_250608.htm. Acessado em 20/08/2008

<http://www.unicef.org/brazil/pt/cadernobr.pdf>. Acessado em 22/08/2008

http://www.unicef.org/brazil/pt/media_11765.htm. Acessado em 22/08/2008

http://www.unicef.org/brazil/pt/media_12597.htm. Acessado em 22/08/2008

<http://www.unicef.org/brazil/pt/umbrazil.pdf>. Acessado em 22/08/2008

<http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/detail/6974.html>. Acessado em 22/08/2008

http://www.webciencia.com/21_agua.htm. Acessado em 20/08/2008

<http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterFootprintsNations>. Acessado em 10/05/2011

<http://www.wssinfo.org/>. Acessado em 19/05/2011

<http://66.228.120.252/ensaios/2092432>. Acessado em 11/04/2011

KRAMER, B.; GIBB, J. *AutoCAD VBA Programming*. United States Of America: Miller Freeman Books, 1999. 366 p.

KRAMER, W. *Programando em AutoLISP*. São Paulo: Makron Books, 1995. 274 p.

MATSUMOTO, E. Y. *AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD*. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998. 149 p.

PERRY, G. *Aprenda em 21 dias Visual Basic6*. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 844p.

PORTO, R. M. *Hidráulica Básica*. 2ª ed. São Carlos: EESC/USP, 2006. 519p.

TSUTIYA, M. T. Universidade de São Paulo. *Abastecimento de água*. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2006. 643p.

**APÊNDICE A – PERFIL DO TERRENO E DA ADUTORA
GERADO PELO UFC3**

**APÊNDICE B – PERFIL COMPLETO GERADO (TERRENO,
ADUTORA E LINHAS DE CARGAS) PELO UFC3**

